Postverlagsort Düsseldorf

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

J. BARTELS E. BEDERKE H. BROCKMANN P. TEN BRUGGENCATE C. W. CORRENS H. v. FICKER R. GRAMMEL O. HAHN R. HARDER M. HARTMANN W. HEISENBERG A. KÜHN M. v. LAUE H. MARTIUS R. W. POHL H. REIN E. SCHMIDT

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD EUCKEN

ORGAN DER MAX PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

35. JAHRGANG | HEFT 9 (257—288) | 1948

INHALT:

Die Theorie sprunghafter Typenneubildung und das Spezialisationsgesetz. Von A. Remane 257

Die Rolle der Kohle bei elektronenmikroskopischen Abbildungen. Von H. König 261

Neuere Ergebnisse der Gezeitenforschung. Von W. Hansen 265

Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. Von H. Poser 269

Berichte.

Die erste internationale pulvermetallurgische Tagung in Graz. Von W. Seith 276

Kurze Originalmitteilungen.

Ähnlichkeitsverhalten von Gasentladungen mit Fremdionisierung. Von W. Fucks 282

Zur Entstehung des Mögel-Dellinger-Effekts. Von H. Siedentopf 283

Zur „Chromatographie" von Elektrolyten an Aluminiumoxyd. Von W. Fischer u. A. Kulling 283

Zur kristallinen Struktur der Polyamide. Von R. Gabler 284

Beeinflussung von Phosphatasen durch Mitosegifte. Von W. Schoetensack 285

Messung der Ultraschallabsorption in tierischen Geweben und ihre Abhängigkeit von der Frequenz. Von Th. Hüter 285

Die Hörschwellen des Dompfaffen. Von J. Schwartzkopff 287

Pollenernährung und Nosemabefall der Honigbiene. Von R. Beutler und E. Opfinger . . 288

Antibiotica in Flechten. Von J. Klosa 288

Ausgegeben im Februar 1949.

Physik

Ein Lehrbuch

von

Wilhelm H. Westphal
Berlin

Dreizehnte Auflage

Mit 635 Abbildungen. XII, 696 Seiten. 1949
Halbleinen DM 27.—

Kleines Lehrbuch der Physik

ohne Anwendung höherer Mathematik

von

Wilhelm H. Westphal
Berlin

Mit 283 Abbildungen. VIII, 251 Seiten. 1948
Halbleinen DM 9,60

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen vorerst etwa halbmonatlich und können durch jede Sortimentsbuchhandlung bezogen werden. Preise für 12 Hefte mit zusammen etwa 24 Druckbogen 24.— Mark, für das einzelne Heft 2.50 Mark zuzüglich Postgebühren.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden vom Springer-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Jebensstraße 1, angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin-Charlottenburg 2 Jebensstraße 1 — **Göttingen** Weender Straße 60

Redaktionelle Hinweise.

I Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichungen zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „K.O.M." („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platz- und Papiermangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne K.O.M. nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Autoren, namentlich solche, welchen die Gepflogenheiten bei Veröffentlichungen in den „Naturwissenschaften" noch nicht bekannt sind, werden gebeten, in die ausführlichere Darstellung der allgemeinen redaktionellen Richtlinien Einblick zu nehmen, welche in Heft 1 des 33. Jahrgangs abgedruckt sind. Ergänzend sei hier bemerkt, daß die Rubrik „Tagesnotizen" in Zukunft nicht fortgeführt wird, daß also Einsendungen für diese zwecklos sind.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Bürgerstraße 50.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Bei photographischen Abbildungen (Autotypien) kann das Druckergebnis auf dem heute zur Verfügung stehenden Papier nur in seltenen Fällen wirklich befriedigen. Es ist deshalb ratsam, Autotypien nach Möglichkeit zu vermeiden. In vielen Fällen läßt sich das Wesentliche durch eine Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren erhalten in jedem Fall eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung (mit einem Vermerk, ob der Beitrag druckfertig oder eine Revision erforderlich ist) erbeten wird.

Anleitungen für die chemische Laboratoriumspraxis

Begründet von **E. Zintl** † · Herausgegeben von **R. Brill**

BAND II:

KOLORIMETRIE UND SPEKTRALPHOTOMETRIE

Eine Anleitung zur Ausführung von Absorptions-, Fluoreszenz- und Trübungsmessungen an Lösungen

von **Gustav Kortüm**

Zweite, verbesserte Auflage · Mit 97 Abbildungen im Text · VI, 236 Seiten · 1948 · DM 16,50

BAND IV:

POLAROGRAPHISCHES PRAKTIKUM

von Professor **J. Heyrovský**

Mit 90 Abbildungen im Text · VI, 118 Seiten · 1948 · DM 8,40

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

35. Jahrgang Heft 9*) 1948

Die Theorie sprunghafter Typenneubildung und das Spezialisationsgesetz.

Von Adolf Remane, Kiel.

(Herrn Professor Dr. Georg Tischler zum 70. Geburtstag.)

Die Frage, ob der stammesgeschichtliche Ablauf in allmählicher stufenweiser Abänderung oder teilweise in größeren Organisationssprüngen erfolgt, reicht bis in die vorphylogenetische Zeit zurück: von Leibniz bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts versuchte man ja, die Lebewesen in eine Stufenfolge einzuordnen, in der die Stufen durch Übergänge verknüpft wurden und ein „vacuum formarum" abgelehnt wurde (Bonnet u. a.); die gegensätzliche Auffassung vertraten Cuvier und K. E. v. Baer; für sie waren die Typen der Tiere völlig isolierte Baupläne, innerhalb eines Bauplanes waren die Organe homologisierbar, nicht aber zwischen verschiedenen Typen. In der Folgezeit waren es vorwiegend die Genetiker, die unter dem Eindruck der sprunghaften Mutationen in verschiedenem Ausmaß die sprunghafte Umbildung der Organismen befürworteten; neuerdings hat in der Paläontologie die Auffassung sprunghafter Typenentstehungen weite Verbreitung gefunden (Schindewolf, Beurlen). Um diese Hypothese, die sog. Typogenese oder die Typostrophenlehre ist eine lebhafte Diskussion entstanden. Sie ist keineswegs mit der Auffassung vieler Genetiker über sprunghafte Neubildungen identisch, sondern viel umfassender. Der Unterschied besteht kurz in folgendem: Bei den großen Mutationsschritten (Groß-Mutationen) handelt es sich um phaenotypisch starke Abänderungen, genotypisch aber um Abänderungen von Einzelgenen. Da die „Typen", das heißt die größeren Einheiten, sich durch zahlreiche Organe (nicht nur Merkmale!) unterscheiden, müßten nach all unserer Kenntnis bei sprunghafter Typen-Neubildung Hunderte von Genen gleichzeitig abgeändert werden[1]). Die Anforderungen einer Typen-Neubildung gehen noch viel weiter. Die Mutationen, auch wenn sie gleichzeitig mehrere Merkmale betreffen, lassen keine neuen Organe im Sinne komplexer Apparate entstehen, bei der Typenentstehung stehen aber gerade solche Organbildungen und Organumkonstruktionen im Vordergrund; schon Fische, Reptilien, Vögel besitzen einen verschiedenen Bewegungs*apparat*, verschiedenen Atmungs*apparat*, verschiedene Leitungssysteme usw. Es können also die Großmutationen nicht als Beweis oder Modell für eine „Typostrophe" verwendet werden, wie bereits Kühn hervorgehoben hat.

Bei einfacher Betrachtung ist die Typostrophenlehre, auch abgesehen von den Schwierigkeiten genetischer Art, höchst unwahrscheinlich. Der neuentstandene Organisationstyp müßte den ihm zusagenden Lebensraum selbst aktiv aufsuchen, da die Typenbildung „präadaptiv", das heißt nicht in Anpassung an bestimmte Lebensbedingungen erfolgen soll, bei getrenntgeschlechtlichen Gruppen müßten etwa gleichzeitig mindestens ein Männchen und ein Weibchen in erreichbarer Nähe entstehen. Auf Grund dieser offensichtlichen Unwahrscheinlichkeiten ist die Typostrophenlehre oft abgelehnt worden (Kühn, Heberer, Mertens). Mit einer einfachen Ablehnung ist aber das Problem noch nicht erledigt. Wenn wir den Wandel phylogenetischer Auffassung geschichtlich überblicken, so sehen wir, daß die Typostrophenlehre von Zeit zu Zeit immer wieder aufgetaucht ist. So schrieb 1892 O. Hamann in seinem Buch: „Entwicklungslehre und Darwinismus" (S. 16): „Für unsere weiteren Betrachtungen ist es von Wert, daß auch für den Säugetiertypus keine Ableitung paläontologisch möglich ist. Er ist da, ohne daß es gelungen wäre, Stammformen aufzufinden, und zwar sind die Säugetiere bei ihrem ersten Auftreten zugleich als Untertypen der Insektenfresser, Huftiere usw. vorhanden. Stellen wir kurz zusammen, was uns als Ergebnis der paläontologischen Tatsachen festzustehen scheint, so ist das Auftreten der einzelnen Typen durchaus unvermittelt, das heißt, es ist keine Zwischenform bekannt, die den einen Typus mit den anderen verknüpfte; speziell die Wirbeltiere treten so unvermittelt auf wie die Trilobiten oder die Mollusken. Für eine Ableitung der einzelnen Typen voneinander fehlt somit jede Tatsache. Und es ist unerlaubt, als möglich oder gar als geschehen anzunehmen, wofür jede Erfahrung fehlt." „Fehlen somit die Übergangsgruppen zwischen den einzelnen Typen der Urtiere, Pflanzentiere, Stachelhäuter, Mollusken, Würmer untereinander, so müssen wir andererseits eingestehen, daß innerhalb der einzelnen Ordnungen Übergangsformen... bekanntgeworden sind." Schon hier finden wir also die Trennung der Entwicklung in eine Phase explosiver Typenbildung ohne Übergangsformen und in eine Phase allmählicher Ausgestaltung des Typs mit Zwischenformen. Hamann beruft sich auf die ähnlichen Auffassungen K. E. v. Baers und letztlich stand die allgemeine Frage: Isolierung und Sonderstellung des Typus auch als allgemeiner Hintergrund in dem berühmten Akademiestreit zwischen Cuvier und Geoffroy. Eine endgültige Klärung der Frage kann daher nur erreicht werden, wenn wir die Schlüsse bzw. die methodischen Fehler ermitteln, die zu immer wiederholten Malen zu ähnlichen, in ihrem Resultat höchst unwahrscheinlichen Auffassungen über die Typenentstehung geführt haben. Dieser Aufgabe sollen die folgenden Zeilen dienen.

Stammesgeschichte ist ja stets, auch bei Existenz guter paläontologischer Reihen, *rekonstruierte* Geschichte. Diese Rekonstruktion erfolgt, bewußt oder unbewußt, auf Grund bestimmter Methoden. Eine Überprüfung der Autoren, die die Typostrophenlehre anerkennen, zeigt, daß sie alle das Spezialisationsgesetz in extremster Formulierung für den Aufbau der Phylogenese verwenden.

[1]) Die Umbildung von Tetraclaenodeon zu Eohippus, die Schindewolf anführt, wäre keine echte Typostrophe; der dazwischenliegende Zeitraum zwischen beiden Formen gestattet leicht eine allmähliche Umbildung. Daß diese nicht immer gleich schnell, sondern bald schneller, bald langsamer erfolgen kann, ist allgemein anerkannt. Auch treten bei der Umbildung Tetraclaenodon-Eohippus vorwiegend Reduktionen und quantitative Proportionsänderungen auf, nicht echte Organneubildungen oder -umkonstruktionen. Auch die angeführten Umbildungen bei Foraminiferen, Korallen und Tintenfischen wären kaum als Beispiele anzuführen. Echte Typostrophe vertritt Schindewolf in dem Satz: „Der erste Vogel kroch aus einem Reptilei."

*) *Ausgegeben im Februar 1949.*

Als Spezialisation wird eine Einengung des Lebensraumes oder der Lebensweise bezeichnet, die meist mit einer starken Steigerung der für diese spezielle Lebensweise notwendigen Funktionen einhergeht. Spezialisiert ist also ein monophages Insekt gegenüber polyphagen, ein lediglich ameisen- oder fruchtfressendes Säugetier gegenüber einem Omnivoren, spezielle Lauf- oder Flugtiere gegenüber Arten mit vielerlei Bewegungsarten. Die einzelnen Spezialisationen treten in sehr verschiedenen Gradstufen auf, und für die einzelnen Spezialisationsrichtungen, etwa zum grabenden, kletternden, fliegenden Säugetier, können wir Anpassungsreihen aufstellen, die mit geringer Ausprägung der Spezialisationsmerkmale beginnen und mit hochgradiger, einseitiger Spezialisation enden. Bezeichnen wir die Spezialisations*richtung* einer Tiergruppe, etwa der Säugetiere, mit einem Buchstaben (Lauftier = L, grabendes Säugetier = S, Krallenkletterer = K) und den Spezialisations*grad* mit einer Zahl, so finden wir also innerhalb einer Tiergruppe zahlreiche abgestufte Reihen, etwa L_1 bis L_{20}, S_1 bis S_{10}, K_1 bis K_{12}, wobei die niedere Zahl die geringere Spezialisation kennzeichnet. In seiner reinsten Form enthält nun das Spezialisationsgesetz folgende Aussagen.

1. Ist eine Tierform in eine Spezialisationsrichtung eingetreten, so kann es sich nur in dieser Richtung weiterentwickeln, aber nicht mehr in andere Spezialisationsrichtungen, etwa von L zu S übergehen.
2. Starke Spezialisierung führt schließlich zu Entwicklungsstillstand und Aussterben der Entwicklungslinie.
3. Als Ausgangsform für Spezialisationsreihen kann nur eine unspezialisierte Form gelten, also eine Form, die in jeder Beziehung den Nullwert des Spezialisationsgrades besitzt (Nullwertahne).

Durch einige Zitate sei die weite Verbreitung derartiger Auffassungen belegt. Plate (1928 S. 773) stellt den Satz auf: „Die Spezialisation ist also eine Endform der Anpassung oder steht wenigstens dem Endpunkte einer phyletischen Reihe nahe, da spezialisierte Formen sich erfahrungsgemäß nur wenig weiterentwickeln. Alle phyletischen Reihen gehen von sog. primitiven Formen aus mit einfacher Organisation und breitem Lebenskreis." Er spricht dann (S. 760) von Spezialisten, „die zwar an einen engen Kreis biologischer Verhältnisse vorzüglich angepaßt, aber nicht imstande sind, sich an neue Verhältnisse zu gewöhnen" und erklärt demnach (S. 771): „Sobald z. B. ein primitiver Wurm Metamerie oder eine dicke Chitincuticula erwarb, konnte er nicht mehr zur Stammform der Mollusken werden." Dacqué (1935, S. 89) formuliert dieses Prinzip wie folgt: „Jede Spezialisation, sei sie ganz bis ins Bizarre getrieben oder nicht, ist ein Festgelegtwerden der Form in einseitiger Richtung und kommt einer Sackgasse der Abwandlung gleich, die nun zugleich auch die Unmöglichkeit neuer, andersgerichteter Abwandlungen in sich schließt. Gibt es auch Spitzenleistungen zuvor unerhörter Art, so ist dies doch zugleich ein Erlöschen weiterer Differenzierungskraft und trägt in sich die Bestimmung zum Untergang." Der Paläontologe R. Broom (1933, S. 66) erklärt: „The genus which had specialized in one direction could not go back, or specialise in another and so had to die out." Es ist kein Zufall, daß der älteste Autor, bei dem ich die Anwendung des Spezialisationsgesetzes finden konnte, Karl Ernst v. Baer ist. Er bestritt aus diesem Grunde die Herleitung des Menschen von baumlebenden Primaten: „Noch jetzt kann ich nicht begreifen, wie der Mensch aus einem affenartigen Tier im Laufe der Zeit geworden sein könne. Meine Zweifel daran sind sehr einfach. Wie ich auch die Affen betrachten mag — immer scheinen sie nur für das Leben auf den Bäumen organisiert." Klar formuliert ist das Prinzip in den Sätzen: „Wir glauben, an dem Beispiel der Extremitäten gezeigt zu haben, daß eine Umbildung einer ausgebildeten spezifischen Form in eine andere weder erwiesen noch *denkbar* ist, daß vielmehr die Variationen der Extremitäten durch bestimmte Ziele (für ihre Leistung) bedingt werden, und so spezifische Formen aus allgemeinen Grundformen sich bilden, nicht aber spezifische Formen aus anderen spezifischen Formen. So sind ja auch die Mundteile der Insekten nicht wirkliche, früher bestehende Extremitäten, sondern die Umwandlung der Grundform der Extremität." (K. E. v. Baer, 1873, S. 385.)

Von den drei vorhin angeführten Punkten des Spezialisationsgesetzes wollen wir zunächst den dritten näher betrachten, da sich aus ihm wichtige Konsequenzen ergeben. Da ein Wechsel von einer Spezialisationsrichtung in eine andere für unmöglich erklärt wird, müssen sich die gradweise abgestuften Anpassungsreihen strahlenförmig einem gedachten Zentralpunkt nähern, ohne diesen aber, da er ja den Nullwert aller Spezialisationen repräsentiert, zu erreichen. Es entsteht dann statt eines Stammbaumes ein Stammstrauch ohne Vereinigungspunkt der Äste.

H. F. Osborn (1932) hat dies als „adaptive radiation" bezeichnet und die Entwicklung der Proboscidierreihen in dieser Form dargestellt. Der gemeinsame Ahne der Spezialisationsreihen einer Tiergruppe durfte als „Nullwertahne" in keiner Richtung angepaßt sein. Beurlen (1920) betont ausdrücklich, die Ahnenform dürfe „nach dem Gesetz der Spezialisationskreuzungen nach keiner Richtung angepaßt sein, in der eine der späteren Stammreihen angepaßt ist, sie darf überhaupt nicht angepaßt sein". Ein existierendes Lebewesen muß aber an einen Lebensraum angepaßt sein, infolgedessen müssen auch alle fossilen Lebewesen, die wir finden, irgendwie Kennzeichen eines Lebensraumes und einer Lebensweise tragen. Sie alle können daher nicht den Anforderungen genügen, die ein Vertreter des Spezialisationsgesetzes an eine Ahnenform stellt. Für ihn sind alle je nachweisbaren Fossilien bereits irgendwie einseitig spezialisiert und können aus diesem Grunde nicht die postulierte Ahnenform sein; Übergangsformen werden für ihn wohl innerhalb der Spezialisationsreihen existieren, etwa von L_1 bis L_{20}, nicht aber zwischen verschiedenen Organisationstypen. Wenn sich die Vertreter der Typostrophenlehre von Hamann bis Beurlen auf den paläontologischen Befund als Beweis für die sprunghafte Typenentstehung berufen, so geht hieraus hervor, daß dieser angebliche Befund erst dadurch entsteht, daß von einer Methode aus, dem Spezialisationsgesetz, Anforderungen an die Paläontologie gestellt werden, die von dieser nie erfüllt werden können, da „Nullwertahnen" existenzunfähig sind. Beurlen fährt dann auch in dem eben zitierten Satz über die Ahnenform fort: „das heißt mit anderen Worten, sie hat niemals existiert."

In dieser Situation bleibt, wenn man auf dem Boden der Abstammungslehre bleiben will, nur eine Möglichkeit offen, eben die Annahme einer sprunghaften Neuentstehung des neuen Typs. Diese Neuentstehung kann aber den neuen Organisationstyp nicht in einmaliger reiner Form liefern, sondern sofort in den Anfangswerten der bestehenden Spezialisationsrichtungen; es kann nicht ein Säugetier sprunghaft entstehen, sondern sofort die verschiedenen Anpassungsrichtungen mit L_1, S_1, K_1 usw., und an diesen kann dann die allmähliche Umformung zu höheren Spezialisationsstufen einsetzen. So stellt dann auch Beurlen den Satz auf: „Jede größere

Gruppe hat stets nur in ihren verschiedenen Anpassungstypen existiert, zwischen denen Übergangsformen undenkbar sind." (Die entsprechende Auffassung Hamanns wurde oben zitiert.) Jetzt verstehen wir, wie eine so merkwürdige Phylogenie entstehen konnte, wie sie Beurlen 1930 über die Entstehung der Mollusken und Wirbeltiere berichtet: „Die Schale selber konnte aber nur sprunghaft entstehen — entweder als ganze Schale oder gar nicht. Da aber eine anneloid metamere Organisation des Weichkörpers gleichzeitig mit der Schale eine zweifellos nicht lebensfähige Kombination darstellt, folgt, daß auch die Umbildung des Weichkörpers eine sprunghafte war — wenngleich natürlich die Molluskenorganisation nicht von vornherein in ihrer heutigen Vollständigkeit vorhanden war. Die Mollusken sind sonach sprunghaft entstanden. Das gleiche gilt für die einzelnen Molluskengruppen selber: denn es besteht keine Möglichkeit eines Übergangs zwischen dem Lamellibranchiertypus, bei dem die Schale seitlich um die Körperflanken herumwächst, dem Gastropodentypus, bei dem die Schale als dorsale Kappe angelegt wird, in die sich der Körper zurückzieht, und dem Amphineneurentypus, der die Dorsalseite durch eine Reihe einzelner Halteplatten schützt. Diese Typen müssen von allem Anfang an getrennt bestanden haben. Der Molluskentypus ist sprunghaft aus dem Annelidentypus entstanden als Folge der Schalenbildung, aber nicht mit einer generalisierten gemeinsamen Urform, sondern sofort mit den verschiedenen Schalentypen.

So innerhalb der Plazentalier: die gedachte Stammform der verschiedenen herbivoren, carnivoren, insectivoren, omnivoren, arbiricolen usw. Plazentalierreihen konnten in keiner dieser verschiedenen Richtungen angepaßt sein; dann aber fehlte auch jegliche Anpassungs- und Entwicklungs-, ja Lebensfähigkeit. Der Plazentalierbauplan konnte entweder gar nicht oder nur in diesen verschiedenen Anpassungstypen erscheinen. So innerhalb der Arthropoden, der Crustaceen, der Stegocephalen und Amphibien usw. Die Typenbildung in einer Periode der explosiven Entfaltung ging unter allen Umständen sprunghaft vor sich."

Die Gültigkeit der Typostrophenlehre einschließlich der sprunghaften Entstehung der einzelnen Anpassungsrichtungen hängt also allein von der Frage ab, ob das Spezialisationsgesetz als Forschungsmethode berechtigt ist. Existiert in der Entwicklung der Lebewesen nur zunehmende Einengung des Lebensraumes und der Lebensweise, so muß diese Frage bejaht werden. Kann aber ein Wechsel oder eine Erweiterung von Lebensraum und Lebensweise nachgewiesen werden, so würde mit dem Spezialisationsgesetz[2]) das ganze Theoriengebäude der Typostrophenlehren hinfällig werden. Die Antwort auf diese Frage ist schon lange gegeben: 1875 veröffentlichte A. Dohrn sein Buch über das Prinzip des Funktionswechsels, Plate stellte 1912 das Prinzip der Funktionserweiterung auf:

„Wenn ein Organ während seiner phyletischen Differenzierung sich zu einer hohen Leistungsfähigkeit und Komplikation entwickelt, so übernimmt es nicht selten dabei neue Aufgaben." Es tritt also eine Vermehrung der Leistungsqualitäten auf. Ein wichtiges Beispiel Plates ist die Kieme der Lamellibranchier. Ursprünglich ein Respirationsorgan, übernimmt dieses Organ das Herbeistrudeln, Abfangen und Weitertransportieren der Nahrungspartikel und bei manchen Arten noch die Aufnahme der abgelegten Eier und schließlich sogar die Ernährung der Embryonen. Die Flossen der Fische können neben ihrer Hauptfunktion neue Nebenfunktionen erwerben, sie können Stützorgane (Dipnoer), Kopulationsorgane, Brutpflegeorgane, sekundäre Geschlechtsorgane, Schweborgane „im Nebenberuf" werden, der Vogelschnabel kann zur Hauptfunktion, Putzfunktion, Hilfsfunktion beim Klettern, Nestbau usw. erwerben (vgl. auch Sewertzoff 1931). Die Nieren des Stichlings und die Malphigischen Gefäße des Käfers Lebia haben zu ihrer ursprünglichen Funktion als Exkretionsorgan die Fähigkeit, ein Klebsekret zu produzieren, erworben. Die Füße des Basstölpels werden zusätzlich zu Brutorganen usw. Die Extremitäten gleitfliegender Nager, wie der Dornschwanzhörnchen (Anomaluridae) und fliegenden Sciuridae, fügen ihrer bisherigen Funktion die Leistung im Bereich dieses Flugapparates hinzu. Aus dem Gebiet der Oekologie sei nur erwähnt, daß zahlreiche euryoeke Arten keineswegs primitiv sind, sondern diese Euryoekie erst sekundär erworben haben. Der Ringelwurm (Nereis diversicolor) lebt in verschiedenen Biotopen des Meeres, geht weit in die zeitweise trockenfallende Uferregion und dringt beinahe bis ins Süßwasser vor. Auf Grund der Polychaetenphylogenie ist sicher, daß diese weitreichende Besiedelung von Lebensräumen erst von einem Stadium mit stenök mariner Lebensweise aus erworben wurde. Auch die stark euryhalinen Stichlinge (Gasterosteus vulgaris, G. pungitius), die in einem Bereich von 0° bis über 40% Salzgehalt leben, haben diese Breite der Lebensfähigkeit erst nach einem rein marinen Stadium erworben. Übrigens sind fast alle euryalinen Tiere nicht primär, sondern sekundär euryhalin, haben also historisch die Breite ihres Existenzbereichs stark vergrößert. Als Beispiel nenne ich nur die Krebse Jaera marina, Mesopodopsis slabberi, die Rädertiere Brachionus plicatilis und Pedalia oxyuris (0—70‰ Salzgehalt).

Bei typischen Fällen der Funktionserweiterung war zu der ursprünglichen Hauptfunktion eine oder mehrere neue Nebenfunktionen hinzugekommen. Nun kann aber eine der Nebenfunktionen zur Hauptfunktion erhoben und die bisherige Hauptfunktion zur Nebenfunktion degradiert werden. Derartige Fälle leiten zum Funktionswechsel über (vgl. Sewertzoff). Beispiele dieses berühmten Funktionswechsels gehören ja zum normalen Bestandteil jedes Buches über Deszendenzlehre, trotzdem ist seine Existenz von den Spezialisationstheoretikern nicht gewürdigt worden. Aus diesem Grunde seien hier nochmals diese Musterbeispiele kurz erwähnt:

Die Kiefergelenkknochen der niederen Wirbeltiere (Articulare und Quadratum) verlieren bei Säugern diese Funktion und werden Teile des schalleitenden Apparates. Die Extremitäten der Wirbeltiere, deren erkennbare primäre Funktion „Ruderfunktion" im Wasser ist, können zu Flügeln, Lauforganen, z. T. sekundär wieder zu Flossen werden, die Flügel der Orthopteren können zu reinen Stimmorganen umgebildet werden (Grylliden, Locustiden) und die Flugfunktion verlieren. Das Endostyl der Chordata wechselt von einem Nahrungstransportorgan zu einem inkretorischen Organ (Thyreoidea), die Klebdrüsen der Rädertiere können von einem Haftorgan zu einem Eitrageorgan werden, Eizellen zu Nährzellen usw.

Nicht weniger häufig tritt ein Wechsel des Lebensraumes und der Lebensweise auf. Der Haarstern Antedon zeigt in seiner Phylogenie einen Wechsel von

[2]) Die Beziehung zwischen Spezialisation und Aussterben von Stammlinien steht hier nicht zur Diskussion. Ich stehe durchaus auf dem Standpunkt, daß zunehmende Spezialisierung die Widerstandsfähigkeit der Arten gegen schnell einsetzende Umweltänderungen herabsetzt, so daß stärker spezialisierte Arten leichter aussterben können als wenig spezialisierte. In diesem Sinne finden wir das Spezialisationsgesetz bereits bei Goethe (Gespräche mit Boissées 1815): „Je vollkommener, je weniger Fähigkeit, aus einer Form in eine andere überzugehen."

freilebend — sessil — freilebend; dasselbe gilt von den Rädertieren Conochilus, Conochiloides, Collotheca mutabilis, die gleichfalls von einer festsitzenden Lebensweise aus wieder sekundär freilebend wurden. Wie viele Tiere haben einen Wechsel Wasser — Land — Wasser vollzogen (z. B. Wale, Pinnepedia, Wasserschildkröten, Wasserwanzen, Wasserkäfer, Wasserdipteren, Wasserschlangen u. a.). Eine bestimmte phylogenetische Forschungsmethode, die ethologische, hat sogar die Existenz eines Funktions- und Lebensraumwechsels zur Voraussetzung.

Welch reiche Möglichkeiten von Neubildungen sich an höchst einseitig spezialisierte Formen anschließen können, zeigen die Wirbeltiere. In ihrer Nahrungsaufnahme waren sie ursprünglich innere Strudler mit einem als Klebfilterapparat ausgebildeten Kiemendarm. Diese hochspezialisierte Ernährungsart finden wir noch bei den Tunicata, Branchiostoma und den Jugendstadien von Petromyzon. Sie muß auf Grund der phylogenetischen Methodik auch der Ausgangsform der Wirbeltiere zuerkannt werden. Und aus ihr haben sich dann all die verschiedenen anderen Spezialisationsformen der Raubtiere, Molluskenfresser, Insektenfresser, Pflanzenfresser und die ihnen eigenen Strukturen entwickelt.

Wir kommen also zu dem Schluß, daß das Spezialisationsgesetz keinerlei Berechtigung besitzt, soweit es den Übergang von einer Spezialisationsrichtung in eine andere bestreitet und als Ausgangsform den unspezialisierten Nullwert-Ahnen fordert.

Wissenschaftstheoretisch bleibt aber noch die Frage bestehen, wie ein so leicht widerlegbares Gesetz wie das Spezialisationsgesetz so häufig Eingang in die phylogenetische Methode finden konnte, und wie selbst ein so kritischer Denker wie Karl Ernst v. Baer ihm erliegen konnte. Es ist ja auch das Spezialisationsgesetz niemals aus einem umfangreichen phylogenetischen Tatsachenmaterial erarbeitet worden, sondern ist als scheinbar selbstverständliche Denkform mehrfach in die Phylogenie übernommen worden. Die Phylogenetik ist ja kein Wissenschaftsgebiet, das mit dem Sieg der Deszendenzlehre in allen seinen Teilen methodisch neu aufgebaut worden ist. Sie ist vielmehr nur die historische Interpretation eines Tatsachenmaterials, das die vorphylogenetische Biologie als Verwandtschaftsforschung in ihrer allgemeinen Homologienforschung und Systematik erarbeitet hatte. Die Abhängigkeit der Phylogenie von der voraufgehenden Morphologie und Systematik ist schon oft hervorgehoben worden, besonders von Naef. Aber nicht alle Methoden und Begriffe, die eine allgemeine Morphologie und Systematik verwenden können, sind in einer historischen Morphologie und Systematik, also der Phylogenetik anwendbar. Diese notwendige Kritik der Methoden ist leider bei Beginn der phylogenetischen Ära versäumt worden, und so strömten alle früheren morphologischen Betrachtungen, die „Entwicklungsgesetze", die „Typusvorstellungen", ungehemmt in die phylogenetische Denkweise ein und haben hier zu Kollisionen nach Art der Typostrophenlehre geführt. Das sei kurz an den Beziehungen zwischen dem Typus der allgemeinen Morphologie und der Urform der Phylogenetik erläutert. Wenn man von einem Typus nur das eine verlangt, daß er ein „Urbild" liefere, von dem aus all die existierenden Einzelformen einer als verwandt erkannten Gruppe abgeleitet, verstanden, durchschaut werden können, so daß diese Einzelformen nunmehr als substantielle Realisationen des ihnen zugrunde liegenden Urbildes erscheinen, so besteht durchaus die Möglichkeit, daß mehrere „Typen" diese Aufgabe erfüllen. So finden wir dann auch bei allgemeinmorphologischer Forschung bereits vier Wege, deren jeder zu einem irgendwie anders gearteten Typus für die gleiche Verwandtschaftsgruppe führt.

Ich bezeichne diese rekonstruierten Typen als:

1. diagrammatischen Typus, darstellbar nur als Diagramm (vgl. die Blütendiagramme) oder als Urformel,
2. generalisierter Typus,
3. Zentraltypus,
4. systematischer Typus.

Uns interessiert hier der generalisierte Typus. Er wird aus den Einzelformen, deren Verwandtschaft allerdings schon vorher ermittelt sein muß, gewonnen, indem man die Einzelform ihrer speziellen Charaktere entkleidet, um aus der Formenmannigfaltigkeit das einheitliche Urbild zu gewinnen. Das Spezielle der Einzelform sind aber in erster Linie die Anpassungscharaktere. Man wird also, wenn man den generalisierten Typus der Säugerhand erarbeitet, von der Fledermaushand alles abziehen, was mit der Flugfunktion zusammenhängt, von dem Vorderfuß des Pferdes alles, was durch einseitige Lauffunktion bedingt ist, von der Maulwurfshand alle Eigenarten, die zu ihrer Tätigkeit als Grabschaufel in Beziehung stehen usw. Als Beispiel zitiere ich einige Sätze aus V. Franz:

„Die heutigen Insektenfresser sind daher Spezialisten, von deren Spezialisierungen wir absehen müssen, um das Bild der ehemaligen, ursprünglichen Insektivoren vor uns erstehen zu lassen. Diese Spezialisierungen sind bei den Spitzmäusen oder Soricidae das ungewöhnlich starke Riechvermögen, dem ihr Rüssel entspricht, außerdem bei den Spitzhörnchen oder Tupajidae das Leben auf Bäumen, bei den Igeln oder Erinaceidae das Stachelkleid und der mit ihm gegebene Schutz, bei den Maulwürfen oder Talpidae das unterirdische Leben."

Bei dieser Abstraktion des Speziellen bzw. der Spezialisationen wird man zudem durch die gradweisen Abstufungen der Spezialisationen geleitet. Ein Überspringen von einer Spezialisationsreihe in eine andere erscheint bei diesem Verfahren überflüssig, abwegig; der generalisierte Urtyp erscheint dann als ein Zentralpunkt, von dem die einzelnen Spezialisationsreihen strahlenförmig divergierend ausgehen („adaptive Radiation!"), der Typus selbst ist nicht ein leeres Diagramm oder eine Formel, sondern eine organisierte Urform, die bildlich darstellbar oder doch als „virtuelles Bild" hinter den Einzelformen erschaubar ist. Diese Vorstellbarkeit des Typus als ideellen Zentralpunkt divergierender Formenreihen ist wohl für seine weite Verbreitung maßgebend geworden. Zudem steht der Aufbau einer solchen generalisierenden Morphologie der begrifflichen Gliederung des Stoffes, die vom Besonderen zum Allgemeinen vorschreitet, nahe.

Wie man sieht, enthält die generalisierende Morphologie in ihrer Methodik bereits das Spezialisationsgesetz in nuce, der generalisierte Typus ist der Nullwert-Ahne. So ist es kein Zufall, daß Karl Ernst v. Baer gleichzeitig das Spezialisationsgesetz anwendet, um die Ableitung des Menschen von baumlebenden Primaten abzulehnen, die Herleitung einer spezifischen Form aus einer anderen spezifischen Form für undenkbar, aber eine Ableitung spezifischer Formen aus allgemeinen Grundformen für möglich erklärt.

Die enge Nachbarschaft der generalisierenden Morphologie mit der begrifflichen Ordnung einer Mannigfaltigkeit in Besonderes und Allgemeines hat auch wohl dazu geführt, daß diese Methode oft unbewußt

angewendet wird, und wir daher bei ein und demselben Forschen ein Schwanken der Methodik erkennen können. So bejaht, wie eingangs hervorgehoben wurde, Plate das Spezialisationsgesetz und bestreitet auf seiner Basis die Ableitungsmöglichkeit der Mollusken aus Anneliden, stellt aber andererseits das Prinzip der Funktionserweiterung auf, das das Spezialisationsgesetz lahmlegt.

Beurlen (1930) spricht den Extremitäten der phyllopoden Krebse wegen ihrer Spezialisation als Ruderplatten jede weitere Umbildungsfähigkeit ab, nimmt aber für die Crocodilia die wechselvolle Phylogenie von bipeden Landtieren über schwimmende Meerestiere zu den jetzigen amphibischen Crocodiliern an, die mehrfache Umspezialisierung dokumentiert. Selbst der Paläontologe H. F. Osborn kommt durch diese Methode dazu, drei fossile europäische Proboscidier auf drei getrennte Entwicklungsreihen zu verteilen (Longirostrinae, Tetralophodontinae, Brevirostrinae), die im paläontologischen Befund durch direkte Zwischenformen morphologisch und stratigraphisch so eng verbunden sind, daß an ihrer phylogenetischen Aufeinanderfolge nicht gezweifelt werden kann. Es handelt sich um Bunolophodon angustidens, B. longirostris und B. arvernensis.

Aus dem Wesen der generalisierenden Morphologie ergibt sich also mit zwingender Notwendigkeit, daß Konflikte entstehen müssen, sobald man versucht, mit ihrer Methode auf phylogenetischem Gebiet zu arbeiten, besonders wenn man den generalisierten Typus als eine phylogenetische Stammform deuten will. Dann entstehen entweder jene unberechtigten Kritiken und Mystifikationen an der Deszendenzlehre, wie wir sie bei Dacqué, Kuhn u. a. finden, oder Typostrophenlehren. Diese Kollisionen zwischen allgemeiner Morphologie und Phylogenetik verschwinden aber sofort, wenn man die Organismen statt mit der generalisierenden Morphologie mit systematischer Morphologie ordnet und für die Gruppen den systematischen Typus rekonstruiert. In diesem Bereich gibt es Umspezialisationen, Umkonstruktionen, Funktionswechsel usw. Der systematische Typus einer Gruppe kann bereits Spezialisationsmerkmale zeigen, er ist als real existierendes Lebewesen denkbar und somit günstigenfalls fossil nachweisbar. In diesem Bereich können die Mundteile der Insekten auf wirkliche, früher bestehende Extremitäten zurückgeführt werden, nicht nur auf eine allgemeine Grundform. Es würde zu weit führen, an dieser Stelle die methodischen Unterschiede zwischen generalisierender und systematischer Morphologie auseinanderzusetzen und die Kennzeichen des systematischen Typus im einzelnen darzulegen. Es ergibt sich aber aus unseren Ausführungen, daß ein wesentlicher Teil der immer wiederholten Krisen im Bereich der Deszendenzlehre auf Einführung generalisierender Morphologie in die Phylogenetik zurückzuführen ist.

Literatur.

Abel, O., Paläobiologie und Stammesgeschichte, Jena (1929). — Baer, K. E. v., Über Entwicklungsgeschichte der Tiere, Königsberg (1828). — —, Zum Streit über den Darwinismus, Dorpat (1873). — —, Über Darwins Lehre. (Aus: Reden, gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen.) II. Petersburg (1876). — Beurlen, K., Vergleichende Stammesgeschichte. - Fortschr. Geol. Paläont., VIII, 26 (1930). — —, Die stammesgeschichtlichen Grundlagen der Abstammungslehre, Jena (1937). — Broom, R., The coming of Man. London (1933). — Dacqué, E., Organische Morphologie und Paläontologie, Berlin (1935). — Dohrn, A., Der Ursprung der Wirbeltiere und das Prinzip des Funktionswechsels, Leipzig (1875). — Franz, V., Die Geschichte der Tiere, in Heberer: Die Evolution der Organismen (1943). — Heberer, G., Die Evolution der Organismen, Jena (1943). — Kühn, A., Besprechung von Schindewolf (1936), Biol. Zentralbl. **57** (1937). — Mertens, R., Die „Typostrophenlehre" im Lichte des Darwinismus; Aufsätze und Reden der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft (1947). — Naef, A., Idealistische Morphologie und Phylogenetik, Jena (1919). — Osborn, H. F., Biological inductions from the evolution of the proboscidea. — Science **76** (1932). — —, Biological inductions from the evolution of the proboscidea. l. c. 19 (1933). — Plate, L., Vererbungslehre und Deszendenstheorie. Festschrift Rich. Hertwig II., Jena (1910). — —, Die Abstammungslehre, 2. Aufl., Jena (1925). — —, Über Vervollkommnung, Anpassung und die Unterscheidung von niederen und höheren Tieren. - Zool. Jb. Phys. 45 (1928). — Schindewolf, O., Paläontologie, Entwicklungsgeschichte und Genetik, Berlin (1936). — Sewertzoff, A. N., Morphologische Gesetzmäßigkeiten der Evolution, Jena (1937).

Die Rolle der Kohle bei elektronenmikroskopischen Abbildungen.

Von Hans König.

Als Baustein der organischen Chemie spielt der Kohlenstoff eine entscheidende Rolle; es ist daher gar nicht so sehr verwunderlich, wenn er auch beim Abbau organischer Materie im Elektronenmikroskop wesentlich in Erscheinung tritt. Als Objekt selbst führt er uns in Form von Graphit oder Diamantstaub durch Elektronenerwärmung ein interessantes Schmelzphänomen (1) vor Augen. Indirekt entsteht er als letzte Phase bei der übermikroskopischen Abbildung organischer Präparate (2) als Folge der ionisierenden Wirkung der Elektronen. In diesem Aufsatz sollen nun Fälle besprochen werden, wo sich der Kohlenstoff unaufgefordert und häufig unerwünscht in unsere Experimente einschleicht und Unheil anrichten kann, wenn man ihn nicht als solchen erkennt.

Bei der Ermittlung der Teilchengröße im Übermikroskop abgebildeter Präparate macht sich im Laufe der Beobachtungsdauer eine Teilchenvergrößerung bemerkbar, die besonders ausgeprägt bei Rußteilchen in Erscheinung tritt (3). Während die Form der ursprünglichen Rußteilchen im Laufe der Elektronenbestrahlung mehr und mehr verdorben wird, behalten Präparate mit größerer Dichte ihre Ausgangsform bei, umhüllen sich aber mit einer Substanz, die für Elektronen verhältnismäßig gut durchlässig ist. Watson (3) ist der Meinung, daß diese Hüllen sich aus Ionenhaufen (ion clusters) organischer Dämpfe bilden und Polymerisationsprodukte von Kohlenwasserstoffen darstellen, die aus Fettdichtungen oder den Metallwänden des Mikroskops stammen. Im Gegensatz hierzu glaubt Cosslett (4) an die Kondensation geladener Metallteilchen, die die Elektronen vom Metall des Objektträgers losschlagen sollen. Diese Vermutung wird von Hillier (5) widerlegt, da er aus dem Elektronenbeugungsbild auf einen amorphen Charakter der Hüllensubstanz schließen kann. Im Elektronenanalysator nach Ruthemann werden nach Passieren der Hüllensubstanz von Hillier (5) Elektronen registriert, deren Geschwindigkeitsverlust der Anregungsenergie der K-Kante des Kohlenstoffs entspricht. Da aber der Wasserstoff infolge seines geringen Streuvermögens auf diesem Wege nicht nachweisbar ist, wird die Watsonsche Auffassung geteilt, daß es sich um Polymerisationsprodukte durch Elektronen bestrahlter Kohlenwasserstoffe handelt. Diese Annahme wird gestützt durch ein stark vergrößertes elektronenoptisches Bild von bestrahlten Rußteilchen, das den Anschein erweckt, als ob die

Kohleteilchen von einer Hülle umgeben seien, deren Dichte geringer sei als die der Kohle.

Nun treten besonders bei hohen Vergrößerungen im Übermikroskop Temperaturen auf (1), die die Existenz von Kohlenwasserstoffen und ihrer Polymerisationsprodukte keinesfalls zulassen. Andererseits führt die ionisierende Wirkung der Elektronen nicht zu einem Aufbau neuer, komplizierter zusammengesetzter Kohlenstoffverbindungen, wie ihn eine Polymerisation darstellen würde, sondern im Gegenteil zu einem völligen Abbau (2) der organischen Substanz bis zu ihrem Kohlenstoffgerüst (6). Die Hüllensubstanz eindeutig zu analysieren war die Aufgabe der jetzt zu beschreibenden Experimente.

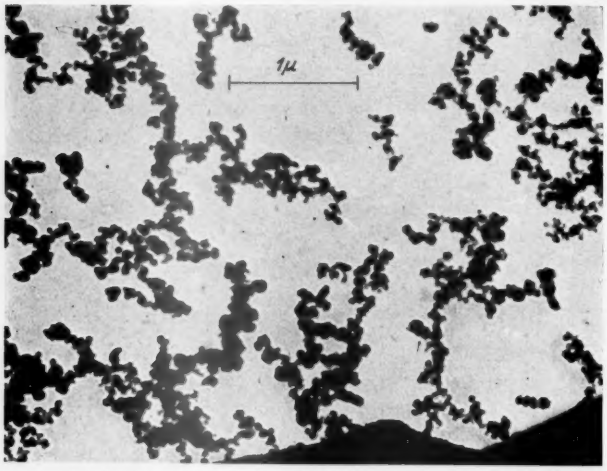


Fig. 1a. Campherruß, el. opt. 7000fach, Gesamtvergr. 21000fach.

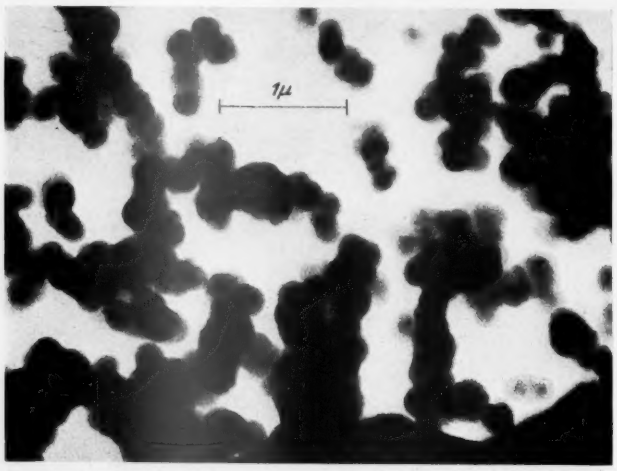


Fig. 1b. Campherruß, gleiches Präparat wie in Fig. 1a, nach einer Elektronenbestrahlung von 20 Minuten. Vergr. wie oben.

Daß die Dichte der Hülle mit der des Kohlenstoffs vergleichbar ist, geht bereits aus der Gegenüberstellung der Bilder eines Rußpräparates im „unbestrahlten" (Fig. 1a) und bestrahlten Zustand (Fig. 1b) hervor. Campherruß wurde auf einem mit einer Quarzhaut (7) bespannten Platinobjektträger aufgefangen und bei 21000facher Vergrößerung abgebildet. Nach einer Bestrahlungsdauer von 20 Minuten sind die Rußteilchen gewaltig angewachsen und haben die Formen der Fig. 1b angenommen. Die ursprüngliche Gliederung der Teilchen ist nicht mehr erkennbar, da die Dichte der einhüllenden Substanz die gleiche zu sein scheint wie die des Rußes. Erwärmt man dieses Präparat im Vakuumofen auf 700° C, so bleibt es völlig unverändert; auch daraus muß auf Kohlenstoff geschlossen werden, da Kohlenwasserstoffe solche Temperaturen nicht aushalten würden. Wie gut man Dichteunterschiede im elektronenmikroskopischen Bild wahrnehmen kann, zeigen aus dem Lichtbogen gewonnene Zinkoxydkriställchen vor (Fig. 2a) und nach einer Elektronenbestrahlung von 20 Minuten (Fig. 2b). Wie in einem Röntgenschattenbild zeichnen sich hier die schwereren Zinkoxydnadeln[1]) von ihrer leichten Kohlehülle ab. Auch dieses Präparat verändert sich nicht, wenn man es im Vakuum auf 700° C erhitzt. Die Hüllen sind aber sofort zum Verschwinden zu bringen, wenn man die Erwärmung an Luft durchführt, was bedeutet, daß die Kohlehülle zu CO_2 verbrennt, während die Zinkoxydtetraeder zurückbleiben.

[1]) Auf die in den Zinkoxydkristallen sichtbaren Schlieren wird an anderer Stelle eingegangen werden.

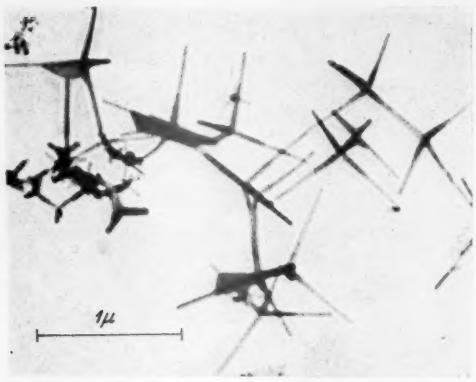


Fig. 2a. Zinkoxydkristalle aus dem Lichtbogen, el. opt. 7000fach, Gesamtvergr. 23000fach.

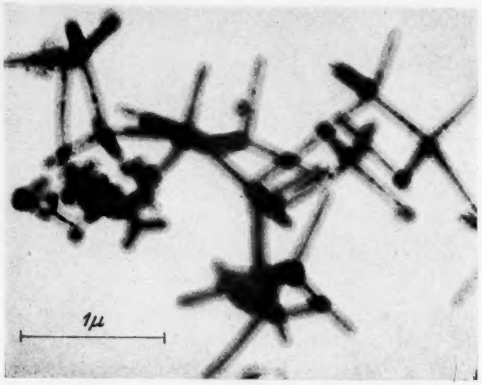


Fig. 2b. Zinkoxydkristalle, gleiches Präparat wie in Fig. 2a, nach einer Elektronenbestrahlung von 20 Minuten. Vergr. wie daneben.

Diese Hüllen können, worauf bereits Boersch (8) hingewiesen hat, insofern zu Fehlschlüssen Anlaß geben, als sie eine unscharfe Einstellung des Objekts vortäuschen. Solche „Beugungssäume" hat E. Ruska (9) an Zinkoxyd als Funktion der Objektivbrennweite aufgenommen. An der verschiedenen Dickenzunahme am „kalten" Rand und in der Mitte seines Präparates erkennt man, daß nicht die Stromstärke des Objektivspulenkreises allein der wirksame Parameter war, sondern außerdem die Zeit der Elektronenbestrahlung zu berücksichtigen ist. Auch bei der Beurteilung der übermikroskopischen Bilder anderer Präparate ist Vorsicht am Platze; so ist nicht ausgeschlossen, daß Kohlehüllen an scharf begrenzten Bakterien Kapseln vortäuschen. Ebenso können Schichten an der Oberfläche von Kristallen, die man als Reaktionsprodukte (10) mit verschiedenen Gasen erklärte, durch eine Kohlehaut verursacht sein.

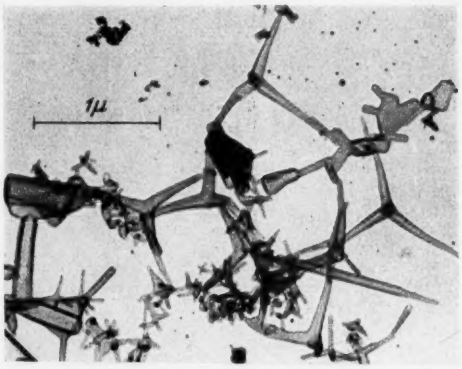


Fig. 3. Kohleabdruck von Zinkoxydnadeln, el. opt. 7000fach, Gesamtvergr. 20000fach.

Den endgültigen Nachweis der Kohlehülle bildet der Elektronenbeugungsversuch: eine dünne Quarzhaut liefert zunächst ein für SiO_2 charakteristisches Beugungsbild, wie es kürzlich (7) ausführlich beschrieben wurde. Mit laufender Elektronenbestrahlung tritt dieses Beugungsbild mehr und mehr zurück, um neuen Interferenzen Platz zu machen, deren Hauptmerkmale große Intensität bei kleinen Winkeln[2]) und zwei breite Ringe mit *d*-Werten von 2,1 und 1,15 Å sind. Die Rechnung nach der Gasinterferenzmethode (12), deren Anwendung auf Grund der hohen Intensität bei kleinen Winkeln gerechtfertigt erscheint, weist nach, daß die Interferenz von einem Pulver aus Kohlenstoffsechserringen mit einem C-C Abstand[3]) von 1,4 Å herrührt. Das gleiche Beugungsbild wird übrigens immer erhalten (2) (6), wenn organische Substanz durch Elektronen zertrümmert wird. Beim Erwärmen der Schicht auf 700 °C im Vakuum werden die Ringe schärfer, neue treten hinzu und die Intensität bei kleinen Winkeln wird geringer: die Kohlenstoffsechsecke ordnen sich ins Graphitgitter ein. Erwärmt man die Folie an Luft, so erhält man wieder die ursprünglich sichtbaren Quarzinterferenzen, da die Kohlehaut zu CO_2 verbrannt wurde. Läßt man die Kohlehaut nicht auf einer Quarzhaut, sondern auf einer Kollodiumhaut aufwachsen, so wird einerseits die Nitrozellulosehaut durch Elektroneneinwirkung in eine Kohlehaut umgewandelt, außerdem werden die auf der Haut sich kondensierenden Kohlenwasserstoffe zu Kohle reduziert. Hat nun die Kollodiumhaut von vornherein kleine Löcher, so wachsen diese allmählich durch Anlagerung von Kohle an Kohle zu. Solche Bilder werden in der Arbeit von Watson (3) gezeigt.

Die Entstehung einer Kohlehülle kann man sich etwa folgendermaßen vorstellen: Alle im Elektronenmikroskop abgebildeten Präparate, ganz besonders aber Rußteilchen, adsorbieren in mehr oder weniger starkem Maße Kohlenwasserstoffe, manchmal nur in Form einer monomolekularen Fettschicht, entweder bereits an der Luft oder in der von Fett- und Gummidichtungen an Kohlenwasserstoffen reichen „Vakuumatmosphäre" des Elektronenmikroskops. Die Elektronen lösen infolge ihrer ionisierenden Wirkung in diesen Kohlenwasserstoffen photochemische Prozesse aus, die zu einem Abbau bis zum Kohlegerüst führen. Das so entstandene „Kohlepulver" ist außerordentlich aktiv und kann infolge seiner großen Oberfläche in beträchtlichen Mengen weitere organische Dämpfe adsorbieren, die durch Elektronenbeschuß laufend zu Kohle zerschlagen werden. Auf diese Weise erklärt sich das Wachsen der Kohlehüllen mit steigender Dauer und Intensität der Elektronenbestrahlung. Ob bei diesem Prozeß die im Präparat infolge mehrfacher Streuung verlangsamten Elektronen, an Metallteilen ausgelöste Sekundärelektronen, oder durch Ionisierung aus Gasmolekülen losgeschlagene Elektronen die aktivsten sind, kann im Augenblick noch nicht übersehen werden.

Da die Kohlehülle weder von organischen noch von anorganischen Lösungsmitteln angegriffen wird und infolge ihres losen Aufbaus für alle Lösungsmittel gut durchlässig ist, eignet sie sich vorzüglich, um von der Oberfläche zunächst undurchsichtiger Präparate einen Abdruck herzustellen, der außerordentlich temperaturbeständig und völlig strukturlos aufgebaut ist. Fig. 3 zeigt einen solchen Abdruck von Zinkoxydnadeln bei 20000facher Vergrößerung. Das Präparat wurde zur Erzeugung der Kohlehülle etwa eine Minute im Elektronenmikroskop betrachtet; anschließend wurde das Zinkoxyd mit verdünnter Salzsäure aus der Hülle herausgelöst. Eine leichte Verbiegung der zarten Spitzen, wie sie im Bild sichtbar ist, könnte durch eine etwas dickere Kohlehülle vermieden werden. Um die Abdrücke plastischer hervortreten

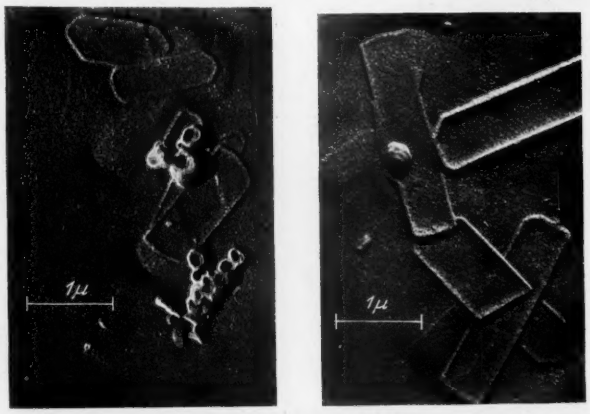


Fig. 4a und b. Molybdänoxydkristalle und Molybdänkugeln. Kohleabdruck schräg bedampft mit Gold. El. opt. 7000fach, Gesamtvergr. 14000fach.

[2]) Vgl. etwa eine Röntgenaufnahme von hochdisperser Kohle bei R. Glocker und H. Hendus (11).
[3]) Der Abstand im Graphitgitter beträgt 1,42 Å.

zu lassen, wurden Kohlehüllen von Molybdänoxydkristallen (Rasierklingenform) und Molybdänkugeln schräg mit Gold bedampft und bei 14000facher Vergrößerung abgebildet (Fig. 4). Die körnige Struktur

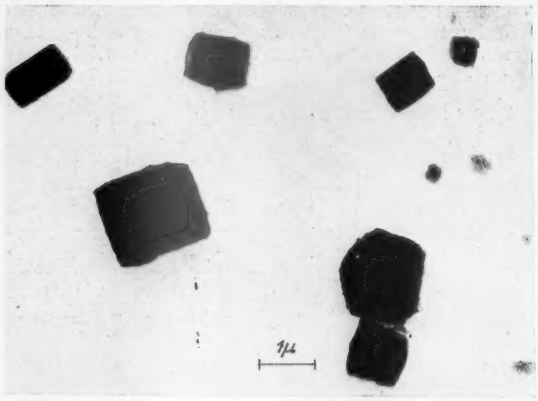


Fig. 5a. Steinsalzkristalle, el. opt. 7000fach, Gesamtvergr. 9000fach.

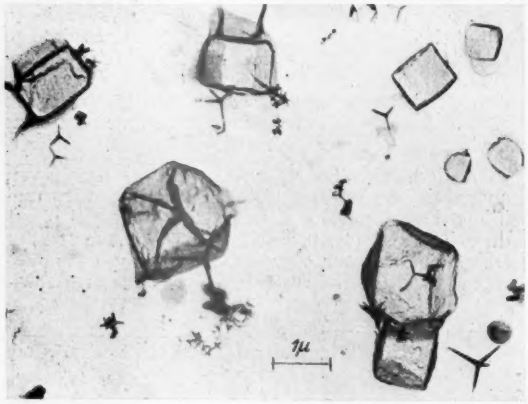


Fig. 5b. Kohleabdruck des Präparats der Fig. 5a mit aufgedampften Zinkoxydnadeln. Vergr. wie oben.

des Untergrundes rührt von den Goldkriställchen her, die bei diesem Präparat etwas grob gewachsen sind. Vor der Goldbedampfung wurden Molybdän und Molybdänoxyd mit verdünnter Natronlauge aus ihrer Kohlehülle herausgelöst und das Präparat mit Wasser ausgewaschen. Zur Herstellung der Kohlehülle ist nicht unbedingt ein Elektronenmikroskop nötig, man kann die Präparate auch in einer üblichen Aufdampfglocke mit Elektronen bestrahlen. Verwendet man als Elektronenquelle eine glühende Wolframdrahtwendel, so erzielt man gute Ergebnisse mit 7000 eV-Elektronen bei einem Emissionsstrom von 1 mA.

Oberflächenabdrücke aus der Lösung auskristallisierter Steinsalzkristalle zeigt Fig. 5a. Ein Tropfen verdünnter Salzlösung wurde auf einer Quarzhaut eingetrocknet, nach erfolgter Elektronenbestrahlung das Steinsalz mit Wasser herausgelöst: ein Kohleabdruck (Fig. 5b) mit feinen Oberflächenfiguren bleibt zurück. Die zusätzlich aufpräparierten Zinkoxydkriställchen sollen als Kennmarken für die folgenden Versuche dienen. Erwärmt man das Präparat im Vakuum auf 500° C, so bleibt es völlig unverändert (Fig. 5c), erhitzt man es dagegen auf 500° C an Luft, so bleiben nur mehr die leicht umgruppierten Zinkoxydnadeln übrig (Fig. 5d). Die Kohleabdrücke sind zu CO_2 verbrannt.

Solche Kohlehüllen bleiben auch zurück[4]), wenn man Kristalle im Übermikroskop durch Elektronenabsorption so stark erhitzt, daß sie verdampfen. Besonders häufig wurde dieser Prozeß an NaCl-, MgO- und ZnO-Kristallen beobachtet (13). Der Vorgang des Aufheizens ist der gleiche, wie er beim Schmelzen des Kohlenstoffs (1) diskutiert wurde. Der Einwand von Burton und Mitarbeiter (13), daß so hohe Temperaturen nicht auftreten können, da die Formvarfolie, die als Objektunterlage dient, schmelzen würde, wird dadurch entkräftet, daß die Formvarfolie bei Elektronenbeschuß in eine temperaturbeständige Haut umgewandelt wird (6). Besonders eindrucksvoll sind in diesem Zusammenhang die Rückstände hohlgedampfter Magnesiumoxydkristalle von Kinder (13), in denen man nun zwischen einem treppenartigen Aufbau der Kristalloberfläche und einem für den Kristallbau charakteristischen Abbauskelett differenzieren kann. Als letztes Beispiel soll Fig. 6 die Anlagerung von Kohle an Bakterien (Staphyllokokken) und an Steinsalzkristallen zeigen. Fig. 6a wurde bei geringer Intensität,

[4]) Die Vermutung, daß es sich bei den Rückständen durch Elektronenbestrahlung verdampfter Kristalle um die gleiche Fremdschicht handele, die die Rußteilchen vergrößert, wurde kürzlich von Burton u. Mitarb. (13) ausgesprochen; es wird dort auch die Möglichkeit diskutiert, diese Fremdschicht als Abdruck zum Studium der Kristalloberfläche zu verwenden.

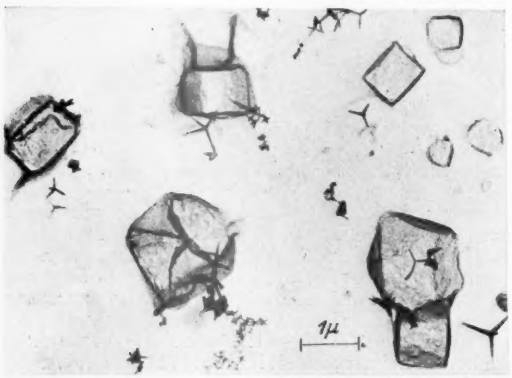


Fig. 5c. Kohleabdruck nach Erwärmung auf 500° C im Vakuum. Vergr. wie oben.

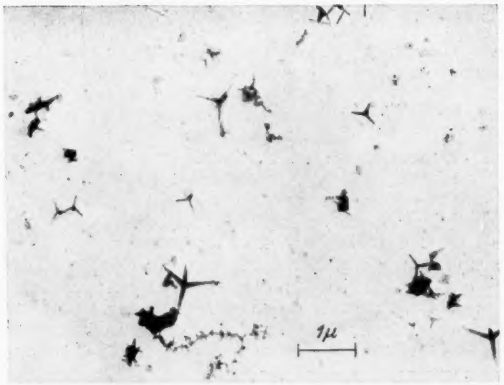


Fig. 5d. Kohleabdruck nach Erwärmung auf 500° C an Luft. Vergr. wie oben.

Fig. 6b nach stärkerer Elektronenbestrahlung und erfolgter Verdampfung der Steinsalzkristalle aufgenommen. Die Bakterien sind größer geworden, die Kristalle haben einen durchsichtigen Kohleabdruck hinterlassen.

Die Entstehung von Kohlehüllen eignet sich vorzüglich zur Prüfung der Vakuumverhältnisse in einem Elektronenmikroskop. Man braucht dazu nur NaCl-Kristalle (pro Analyse) im Übermikroskop durch Elektronenbeschuß zu verdampfen: bleibt eine Kohlehülle zurück, so sind Kohlenwasserstoffe in reichem Maße vorhanden, würden die Steinsalzkristalle dagegen ohne Rückstand verdampfen, würde man auf ein annähernd kohlenwasserstoffreies Vakuum schließen können. Ein solches „Hochvakuum" ist in einem Elektronenmikroskop ebensowenig realisierbar (13) wie in einem nicht ausgeheizten, an der Pumpe befindlichen Röntgenrohr, dessen Antikathode ja ebenfalls im Laufe der Zeit einen Kohlebelag aufweist, der in dünner Schicht Interferenzfarben zeigt, die in dickeren Schichten über Gelb bis Braun in Schwarz übergehen.

Die Untersuchungen wurden mit einem Siemensschen Übermikroskop nach E. Ruska und B. v. Borries durchgeführt. Meinen Mitarbeitern Gerhard Helwig und Mechthild Knoch möchte ich für freundliche Hilfe bei der Herstellung der Präparate danken.

III. Physikalisches Institut der Universität Göttingen

Eingegangen am 17. August 1948.

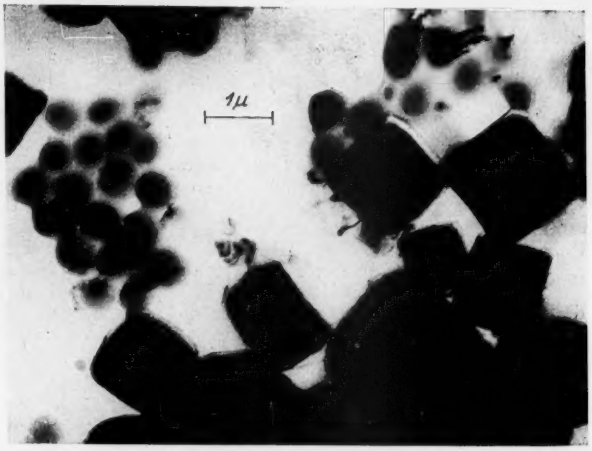


Fig. 6a. An Staphyllokokken ankristallisierte NaCl-Kristalle, el. opt. 7000fach, Gesamtvergr. 11000fach.

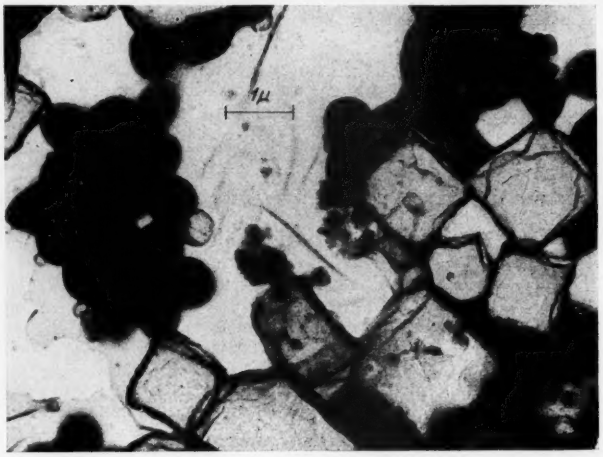


Fig. 6b. Das gleiche Präparat nach starker Elektronenbestrahlung. Vergr. wie oben.

Literatur.

(1) König, H., Die Naturwissensch. **34**, 108 (1947). — (2) König, H., und Winkler, A., Die Naturwissensch., **35**, 136 (1948). — (3) Watson, J. H. L., Journ. appl. phys. **18**, 153 (1947); **19**, 110 (1948). — (4) Cosslett, V. E., Journ. appl. phys. **18**, 844 (1947). — (5) Hillier, J., Journ. appl. phys. **19**, 226 (1948). — (6) König, H., Nachr. d. Akad. d. Wissensch. Göttingen. Mathem Physikal. Kl. S. 24 (1946). — (7) König, H., Optik, **3**, 419 (1948). — (8) Boersch H., Kolloidzs. **106**, 169 (1944). — (9) Ruska, E., Kolloidzs. **105**, 43 (1943). — (10) v. Ardenne, M., und Beischer, D., Zs. f. Elektrochem. **46**, 270 (1940). — Zs. f. phys. Chem. (B) **52**, 61 (1942). — Kolloidzs. **102**, 127 (1943). — (11) Glocker, R., und Hendus, H., Zs. f. Elektrochem. **48**, 327 (1942). — (12) Debye, P., Ann. d. Phys., **46**, 809 (1915). — Ehrenfest, P., Proc. Amsterdam **23**, 1132 (1915). — Boersch, H., Zs. f. Phys. **119**, 154 (1942). — (13) Kinder, E., Kolloidzs. **95**, 326 (1941). — Boersch, H., Kolloidzs. **106**, 169 (1944). — Mahl, H., Optik **2**, 106 (1947). — Kinder, E., Die Naturwissensch. **34**, 23 (1947). — Burton, E. F., Sennet, R. S. und Ellis, S. G., Nature **160**, 565 (1947).

Neuere Ergebnisse der Gezeitenforschung.

Von Walter Hansen, Hamburg.

Die durch die Begriffe Gezeiten und Gezeitenströme gekennzeichneten regelmäßigen Wasserstandsänderungen und horizontalen Wasserbewegungen in den Ozeanen und Meeren haben ihre Ursache in dem Wechsel der Richtung und Größe der Massenanziehungen infolge der Bewegungen des Mondes, der Erde und der Sonne. Diese Bewegungen geben so Anlaß zu den gezeitenerzeugenden Kräften, die dargestellt werden können durch eine Summe von Kosinusfunktionen der Zeit. Die Perioden dieser Kosinusfunktionen werden aus astronomischen Daten erhalten. Die Gezeiten und die Gezeitenströme können gleichfalls durch Summen von Kosinusfunktionen angenähert werden; dabei treten dieselben Perioden auf wie bei den gezeitenerzeugenden Kräften. Physikalisch bedeutet das, daß die Gezeiten und die Gezeitenströme als Überlagerung rein harmonischer Teilschwingungen dargestellt werden. Eine derartige Teilschwingung wird Teiltide oder auch einfach Tide genannt.

Die *grundlegende Aufgabe der Gezeitenforschung* besteht nun darin, den Tidenhub (Unterschied der höchsten und tiefsten Wasserstände) und die Hochwassereintrittszeit jeder Teiltide für jeden Punkt des zu untersuchenden Meeresgebietes zu ermitteln. Das Ergebnis wird zweckmäßig in einer Karte dargestellt, die Linien gleichen Tidenhubes und Linien gleicher Eintrittszeit des Hochwassers enthält.

Wir beschränken uns auf die wichtigste Teiltide, die halbtägige Hauptmondtide M_2; ihre Periode von 12 Stunden 24 Minuten ist gleich der halben Umlaufzeit eines gedachten Mondes, der sich gleichförmig im Himmels-Äquator bewegt. Als Nullpunkt der Zeitzählung wird der Durchgang dieses mittleren Mondes durch den Meridian in Greenwich gewählt. Der Hochwasserzeitunterschied gibt dann an, um wieviel Stunden nach dem Monddurchgang in Greenwich Hochwasser eintritt.

Zur Lösung der obigen Aufgabe stehen Beobachtungen und als theoretisches Hilfsmittel die hydrodynamischen Gleichungen zur Verfügung. Der erste Versuch, allein aus den Beobachtungen an der Küste die Eintrittszeit des Hochwassers für die Nordsee abzuleiten, ist von Whewell unternommen worden. Eine umfassendere Darstellung der Linien gleicher Hochwassereintrittszeit für die Ozeane und die Nebenmeere wurde von Harris gegeben. Später hat v. Sterneck „Weltkarten der Flutstundenlinien" entworfen. Die neueste Bearbeitung der Beobachtungen an den Küsten und auf den ozeanischen Inseln zum Entwurf von Weltkarten mit den Linien gleicher Eintrittszeit des Hochwassers stammt von Dietrich[1]), der die Beobachtungen über den Tidenhub an den Küsten in die Darstellung einbezieht.

Diese Bearbeitungen können schon aus dem Grunde nicht als befriedigende Lösung der oben formulierten Aufgabe angesehen werden, weil für den offenen Ozean nichts über den Tidenhub ausgesagt wird, abgesehen davon, daß bei dem Entwurf der Linien gleicher Hochwassereintrittszeit in weiten ozeanischen Regionen, aus denen keine Beobachtungen vorliegen, der subjektiven Auffassung des Bearbeiters ein gewisser Spielraum gelassen wird.

Die klassischen theoretischen Untersuchungen von Newton, Bernoulli, Laplace und Hough ebenso wie die Arbeiten von Airy, Goldsbrough und in jüngster Zeit von Proudman und Doodson haben zum Gegenstand ihrer Betrachtungen nicht die tatsächlich auf der Erde auftretenden Ozeane und Meere, sondern schematisch gestaltete Meeresgebiete, etwa die Gezeiten in einem die ganze Erde bedeckenden Ozean (Laplace) oder die Gezeiten in Kanälen (Airy), schließlich (Proudman und Doodson[2]) die Gezeiten in einem Ozean, der von einem vollständigen Meridian begrenzt wird. Derartige Vereinfachungen mußten in Kauf genommen werden, um die andernfalls auftretenden mathematischen Schwierigkeiten zu überwinden, die vor allem dann erheblich werden, wenn der Einfluß der Corioliskraft (Ablenkung durch die Erdrotation) berücksichtigt wird. Wenn diese Untersuchungen auch wertvolle Beiträge zur Klärung vieler grundsätzlicher Fragen geben, etwa des Einflusses der Tiefe auf den Verlauf der Linien gleichen Tidenhubs und der Linien gleicher Hochwassereintrittszeit, so sind ihre Ergebnisse doch nicht unmittelbar zu übertragen auf die Erforschung der Gezeiten in beliebig gestalteten natürlichen Meeresgebieten, wie sie tatsächlich auf der Erde vorhanden sind, da die behandelten, schematisch gestalteten Meeresgebiete nur als grobe Annäherung an natürliche Ozeane oder Meere gelten können.

Ein wesentlicher Fortschritt wurde erzielt, als die Verfahren zur Ermittlung der Eigenschwingungen abgeschlossener Wassermassen, wie sie in Seen und Meeresbuchten auftreten, von der österreichischen Schule, insbesondere von v. Sterneck und Defant, verallgemeinert und zur Ermittlung der Gezeiten in schmalen Kanälen beliebiger Tiefenverteilung benutzt wurden. Die vor allem von Defant durchgeführten theoretischen Rechnungen zeigen im allgemeinen befriedigende Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Besonders gut stimmen die theoretischen Gezeiten mit den beobachteten im Roten Meer überein[3]). In breiteren Meeren ist es nicht mehr statthaft, Querschwingungen und Corioliskräfte zu vernachlässigen.

Für die im Verhältnis zu ihrer Länge sehr breite Nordsee versagt die vorstehende Methode. Defant und Thorade ebenso wie Proudman und Doodson benutzten die hydrodynamischen Gleichungen, um aus den zahlreichen Gezeitenstrombeobachtungen im ersten Fall mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung, im zweiten Fall mit Hilfe der Bewegungsgleichungen die Gezeiten abzuleiten. Beide Verfahren liefern für die Nordsee im großen und ganzen übereinstimmende Ergebnisse.

Die Gezeiten eines beliebig geformten Meeresgebietes lassen sich aber erst ermitteln, seit Verfahren entwickelt wurden, die die vorgenannte Aufgabe in voller Allgemeinheit zu lösen gestatten[4]).

Ausgangspunkt für die Untersuchungen sind die hydrodynamischen Gleichungen, aus denen eine Differentialgleichung zweiter Ordnung von elliptischem

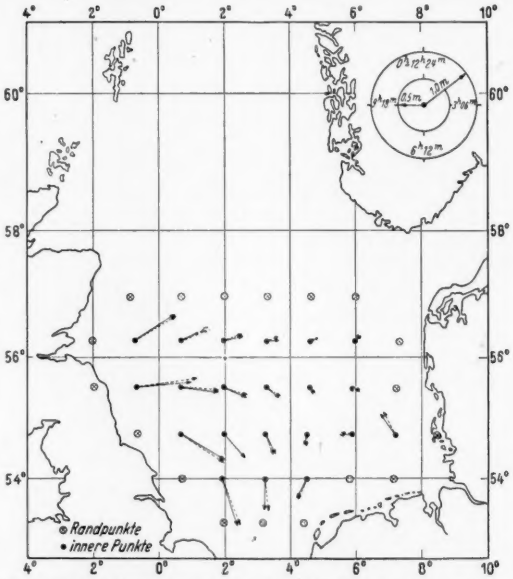


Fig. 1. Die Richtung der Zeiger gibt die Hochwassereintrittszeit bezogen auf den Monddurchgang in Greenwich, der Betrag der Vektoren gibt die Hälfte des Tidenhubes in Metern an. Die Zeiger mit unterbrochenem Schaft sind aus den Beobachtungen, Zeiger mit ausgezogenem Schaft sind mit Hilfe des Randwertverfahrens abgeleitet.

Typus für den Wasserstand abgeleitet wird. Im Anschluß daran wird gezeigt, daß der Wasserstand und damit Tidenhub und Hochwassereintrittszeit im Innern eines Meeresgebietes eindeutig bestimmt sind, wenn diese Werte längs der Randkurve eben dieses Meeresgebietes vorgegeben sind. Um aus den bekannten Randwerten den Wasserstand im Innern zu erhalten, wird das Meeresgebiet zunächst mit einem

[1]) Dietrich, G., Die Schwingungssysteme der halb- und eintägigen Tiden in Ozeanen. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, Berlin. Neue Folge, Reihe A, Heft 41, 68 S., 11 Tafeln, 11 Fig. Berlin (1944).

[2]) Proudman, J. 1935. Tides in oceans bounded by meridians, Part. I. Phil. Trans. Roy. Soc. A., **235**, 237—289.
Doodson, A. T. 1935—40. Tides in oceans bounded by meridians, Parts II—V. Phil. Trans. Roy. Soc. A., **235**, 290—333; **237**, 311—373; **238**, 477—512.

[3]) Defant, A., Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen. Akademie der Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Bd. **96**, 54, Wien (1919).

[4]) Hansen, W., Die Ermittlung der Gezeiten beliebig gestalteter Meeresgebiete mit Hilfe des Randwertverfahrens. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Heft 5/6, 1948.

System von Gitterpunkten überdeckt. Fig. 1 zeigt ein derartiges Netz, wie es für die Ermittlung der Gezeiten der Nordsee zugrunde gelegt wurde. Die inneren Gitterpunkte sind durch einfache Vollkreise, die Randpunkte durch umkreiste Kreuze gekennzeichnet. Aus der Differentialgleichung wird nun für jeden inneren Punkt eine Differenzengleichung abgeleitet, die den Wasserstand in dem jeweiligen Gitterpunkt zu den Wasserständen in den vier benachbarten Gitterpunkten in Beziehung setzt. Da die Wasserstände in den inneren Gitterpunkten unbekannt sind, werden ebenso viele Gleichungen wie Unbekannte erhalten; die über die Randpunkte in die Gleichungen eingehenden Größen werden als bekannt vorausgesetzt.

Damit ist die Ermittlung der Gezeiten in beliebig gestalteten Meeresgebieten zurückgeführt auf die Lösung eines Systems linearer Gleichungen. Dabei wird von einer etwa auf graphischem Wege gewonnenen angenäherten Wertverteilung ausgegangen, die schrittweise so oft verbessert wird, bis eine praktisch genügende Näherung gefunden ist.

Das vorstehend kurz geschilderte Randwertverfahren liefert nicht unmittelbar den Tidenhub und den Hochwasserzeitunterschied, sondern zwei mit diesen in umkehrbar eindeutiger Beziehung stehende Größen, nämlich den Wasserstand in zwei um eine Viertelperiode auseinanderliegenden Zeitpunkten. Es ist zur Ermittlung der Gezeiten der Nordsee und des

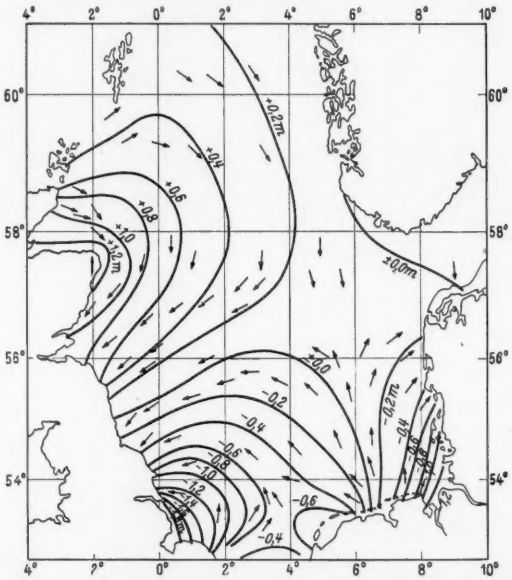


Fig. 2. Linien gleichen Wasserstandes zur Zeit des Monddurchgangs in Greenwich. Die Pfeile geben die aus den Strombeobachtungen abgeleiteten Tangentenrichtungen der Linien gleichen Wasserstandes.

Kanals verwendet worden. Diese Gebiete wurden gewählt, weil hier zahlreiche Gezeiten- und Gezeitenstrombeobachtungen vorliegen, so daß allein aus diesen Unterlagen der Verlauf der Linien gleichen Wasserstandes erstens zur Zeit des Durchgangs des Mondes durch den Meridian in Greenwich (Fig. 2) und zweitens eine Viertelperiode gleich 3^h06^m nach dem Mondmeridiandurchgang in Greenwich (Fig. 3) entworfen werden konnte. Die Fig. 2 und 3 enthalten außerdem Pfeile, die die Richtung der Tangente an die jeweils durch den Pfeilmittelpunkt gehende Linie gleichen Wasserstandes angeben. Die Tangentenrichtungen sind aus Strombeobachtungen auf offener See abgeleitet und zeigen eine recht gute Übereinstimmung mit den vornehmlich auf Grund der Küstenwerte entworfenen Linien gleichen Wasserstandes.

Zur Zeit des Monddurchgangs (Fig. 2) ist die Gestalt der Meeresoberfläche dadurch charakterisiert, daß in der Deutschen Bucht und vor der schottischen Küste relativ hohe, in der Gegend der Wash-Bucht und im Skagerrak relativ niedrige Wasserstände

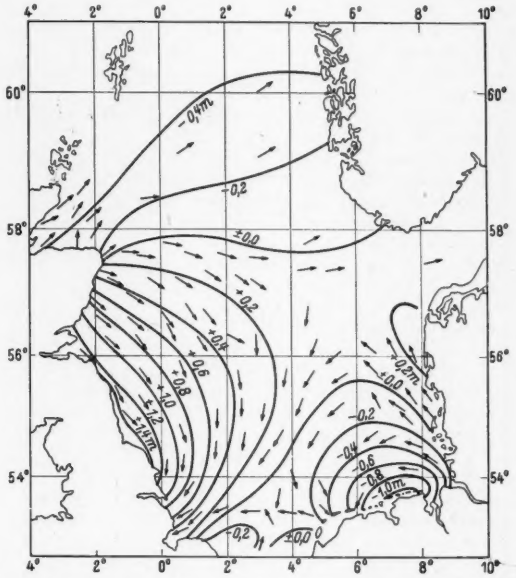


Fig. 3. Linien gleichen Wasserstandes 3^h06^m nach dem Monddurchgang in Greenwich. Die Pfeile geben die aus den Strombeobachtungen abgeleiteten Tangentenrichtungen der Linien gleichen Wasserstandes.

herrschen. Ein Sattelpunkt liegt nordöstlich der Doggerbank, ein zweiter vor dem Eingang in die Hoofden.

Eine Viertelperiode oder 3^h06^m später (Fig. 3) treten die relativ höchsten Wasserstände vor der jütischen und mittelenglischen Küste, die relativ niedrigsten Wasserstände vor den Ostfriesischen Inseln und im Eingang zur Nordsee auf. Die Sattelpunkte, deren Lage mit der Zeit ein wenig veränderlich ist, liegen in der Nähe der Orte, an denen sie eine Viertelperiode früher lagen.

Werden in den Fig. 2 und 3 sämtliche Werte mit umgekehrtem Vorzeichen versehen, dann liefert Fig. 2 den Wasserstand 6^h12^m und Fig. 3 den Wasserstand 9^h18^m nach dem Monddurchgang in Greenwich. Damit geben diese Karten eine Vorstellung von der Änderung der Gestalt der Meeresoberfläche im Verlauf der halbtägigen Gezeitenperiode.

In Fig. 1 sind für jeden inneren Gitterpunkt in Form einer Periodenuhr zum Zwecke des Vergleichs die aus den direkten Beobachtungen auf See und die mit Hilfe des Randwertverfahrens ermittelten Ergebnisse über den Gang des Wasserstandes zusammengestellt. Der Zeiger mit dem unterbrochenen Schaft stellt den aus den Beobachtungen, der Zeiger mit dem ausgezogenen Schaft stellt den mit Hilfe des Randwertverfahrens abgeleiteten Wert dar. Dabei ist die Länge der Zeiger proportional dem Tidenhub, und die Richtung der Zeiger gibt von Norden über Osten, im Uhrzeigersinn (Zifferblatt rechts oben) gezählt, den Hochwasserzeitunterschied gegen den Durchgang des Mondes durch den Meridian in Greenwich.

Diese Darstellung läßt die ausgezeichnete Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtungen besonders deutlich erkennen. Es sei hervorgehoben, daß der zur Durchführung des Randwertverfahrens erforderliche Rechenaufwand in durchaus erträglichen Grenzen liegt. Die vorgenannten Untersuchungen ermöglichten einen Neuentwurf der Linien gleichen Tidenhubes und der Linien gleicher

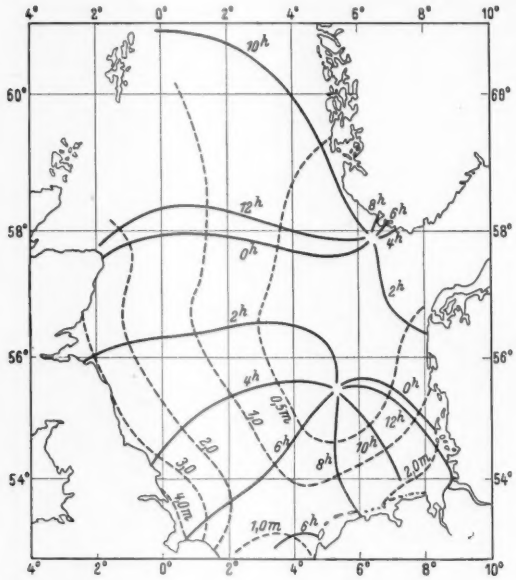


Fig. 4. Linien gleichen Tidenhubes und Linien gleicher Hochwassereintrittszeit bezogen auf den Monddurchgang in Greenwich.

Eintrittszeit des Hochwassers, bezogen auf den Durchgang des Mondes durch den Meridian in Grenwich. Das Ergebnis ist in Fig. 4 wiedergegeben.

In großen Zügen bietet die Darstellung das gewohnte Bild, lediglich in den Feinheiten treten gewisse Abweichungen auf, insbesondere ist der Verlauf der Kurvenscharen nunmehr auch im freien Seegebiet als gesichert zu betrachten.

Die vertikalen Änderungen des Wasserstandes stehen in enger Beziehung zu den horizontalen Bewegungen. In Fig. 5 sind die Gezeitenstromellipsen mit großer und kleiner Achse für ausgewählte Punkte in der Nordsee aufgetragen. Die Gezeitenstromellipse kann auch als Bahnkurve aufgefaßt werden, die die Wasserteilchen innerhalb einer Gezeitenperiode durchlaufen. Da eine derartige Darstellung bisher nicht vorlag, sei diese ein wenig eingehender besprochen:

Ein allgemeiner Überblick über die Karte zeigt, daß die stärksten Gezeitenströme in Küstennähe auftreten. Hier wird auch allgemein die kleine Achse der Gezeitenstromellipse klein gegen die große Achse („alternierende Ströme"), entsprechend der hydrodynamischen Forderung, daß der Gezeitenstrom in unmittelbarer Nähe der Küste dieser parallel verläuft. Auffallend ist, daß auch auf offener See längs einer Linie, die etwa von der Mitte der Doggerbank leicht nach Norden ausweichend bis westlich von Sylt verläuft, durchweg alternierende Ströme auftreten. Eine längs dieser Kurve errichtete feste Abgrenzungswand würde Gezeiten und Gezeitenströme in der Nordsee, abgesehen von einer geringen Zunahme der Reibung, nicht ändern. Dieser Sachverhalt legt eine natürliche Gliederung der Nordsee in nachfolgende Gezeitenregionen nahe:

Zunächst ist eine westliche Region vorhanden, die etwa von 2° östlich von Greenwich bis zur englisch-schottischen Küste reicht, dann folgt eine südliche Region, die von der deutsch-holländischen Küste im Süden und Osten und von der obengenannten Linie im Norden begrenzt ist, und endlich ergibt sich eine nordöstliche Region, die nördlich und östlich an die obengenannten Regionen anschließt. In der erstgenannten Region herrschen Gezeitenströme nord-südlicher Richtung vor. In der an zweiter Stelle genannten Region treten vornehmlich ost-westlich gerichtete Gezeitenströme auf. Die Geschwindigkeit erreicht in beiden Regionen beachtliche Beträge. In der dritten Region sind wechselnde Richtungen und durchweg nur geringe Beträge der Geschwindigkeit vorherrschend. Diese Tatsache läßt es auch verständlich erscheinen, daß die Gezeiten und Gezeitenströme im Eingang zur Ostsee nur gering sind.

Hingewiesen sei noch auf die Punkte, in denen die Gezeitenstromellipse zum Kreis ausartet. In einer Karte der Linien gleicher Eintrittszeit des stärksten Gezeitenstroms ähnelt der Kurvenverlauf in der Umgebung eines derartigen Punktes dem Verlauf der Linien gleicher Hochwassereintrittszeit in der Umgebung eines hubfreien Punktes.

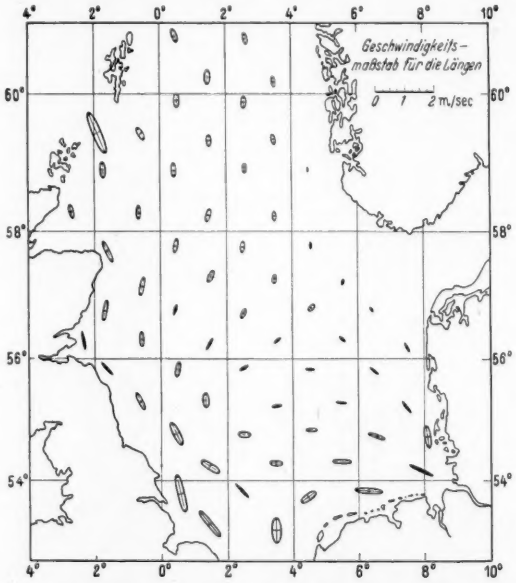


Fig. 5. Gezeitenstromellipsen für ausgewählte Punkte.

Auf die Zusammenhänge zwischen Richtung und Betrag der Gezeitenstromgeschwindigkeit einerseits und der Morphologie und Küstengestaltung andererseits, insbesondere der Deutschen Bucht, sei an dieser Stelle nur hingewiesen.

Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, daß die mit Hilfe des Randwertverfahrens gewonnenen Werte in guter Übereinstimmung mit den Gezeitenbeobachtungen in der freien Nordsee stehen. Da dieses Verfahren zur Ermittlung der Gezeiten beliebig gestalteter Meeresgebiete verwendbar ist, kann es auch zur Berechnung der Gezeiten etwa des nordatlantischen Ozeans benutzt werden, eine Aufgabe,

die bereits in Angriff genommen ist. Darüber hinaus kann nunmehr auch bei der Planung von Uferschutz- und Fahrwasserregulierungsbauten, insbesondere im Bereich der deutschen Nordseeküste, die Wirkung derartiger Maßnahmen auf die Gezeiten vorausberechnet werden.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß das Randwertverfahren, abgesehen von der Bedeutung zur Behandlung rein meereskundlicher Fragen, für praktische Zwecke des Wasserbaues und der Nautik von einigem Nutzen sein kann.

Eingegangen am 20. Juli 1948.

Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa.

Von Hans Poser, Braunschweig.

Einleitung.

Nachdem es sich als möglich erwies, das Klima Mittel- und Westeuropas während der letzten Eiszeit in der Phase des Vorrückens und der maximalen Ausdehnung der Eismassen in seinen wesentlichsten Allgemeinzügen mit Hilfe von klimabedingten Formen des Bodens und des Reliefs zu bestimmen (69, 70, 71), war es naheliegend, unter Anwendung ähnlicher Methoden auch dem Klima des Spätglazials, das heißt dem der Abschmelzphase nachzuspüren.

Eine Vertiefung in den aus dieser Zeit überkommenen Formenschatz lehrt sehr bald, daß sich im einst nicht vereisten Gebiet und auch im Vorland des zurückgehenden Eises der Schwerpunkt in dem die Oberfläche gestaltenden Kräftespiel seit dem Eishochstand völlig verlagerte. Frostdynamische Vorgänge traten gänzlich zurück, fluviatile blieben und äolische wurden geradezu dominierend. So scheint es, daß klimageschichtliche Erwägungen am besten an die Formenschöpfungen der beiden letztgenannten Vorgänge anknüpfen könnten. Weiteres Eindringen in Art und Wesen der Vorzeitformen zeigt dann jedoch, daß in dieser Hinsicht beide Formengemeinschaften, die fluviatilen und die äolischen, eine sehr unterschiedliche Eignung haben. Es gibt fernab von den einstigen Vereisungsflächen Talformen, die offensichtlich in voller Harmonie mit den Niederschlägen ihrer Zeit standen und darum auch Indikatoren für die damaligen Niederschlagsverhältnisse abzugeben vermöchten. Es sind dies namentlich Täler, die heute als Trockentäler daliegen und bei entsprechender morphologischer Analyse Auskunft zumindest über die frühere Art der Wasserführung und damit über einen wichtigen Charakterzug des hydrographischen Regimes liefern können (s. Schluß). Im Gegensatz zu ihnen besteht aber bei den größeren Talungen sehr leicht die Gefahr von klimatologischen Fehlschlüssen; denn mit der Auflösung und Abschmelzung des Eises über Norddeutschland, den Alpen, Pyrenäen und Karpathen sowie einem Teil der Mittelgebirge wurden im Eis gewissermaßen magazinierte Erosions- und Transportkräfte frei, die als Erbschaft aus der voraufgehenden Zeit im morphologischen Kräftespiel des Spätglazials klimafremd waren und eine über die im derzeitigen Klima liegenden Möglichkeiten hinausgehende Arbeitsleistung vollbrachten. Es können daher die fluviatilen Formen nur bei größter Vorsicht in den Dienst von klimatologischen Betrachtungen über diese Zeit gestellt werden. Günstiger steht es mit den Äußerungen des Windes und insbesondere mit den äolischen Ablagerungen, als welche *Flugsand-* und *Dünenfelder* sowie auch noch jüngste Ablagerungen des *Lößes* in Frage kommen. Sie sind zwar in späterer Zeit mannigfaltig und vielfach überarbeitet worden, stellen aber in ihrer primären Anlage ganz und gar Resultanten des Klimas ihrer Zeit dar und geben deshalb für unsere Zwecke eine Grundlage ab, von der erwartet werden darf, daß sie die geringsten Fehlermöglichkeiten in sich birgt. Nun sind allerdings auch diese Formen noch von unterschiedlicher Wertigkeit, bedingt weniger durch die Materie als durch den Stand der Forschung. Der Löß, durch chemische Bodenbildung hervorgebracht aus äolisch oder fluviatil abgesetztem Lößstaub (30, 61, 48), weist mit seiner physikalischen und chemischen Beschaffenheit wie mit seiner Struktur eindeutig auf ein arides Klima während seiner Bildungszeit, also auf den damals herrschenden Klimatyp im allgemeinen. Trotzdem ist es nicht empfehlenswert, ihn in die vordere Reihe der klimatologisch zu befragenden Formen zu rücken, solange noch zahlreiche mit ihm verknüpfte Nebenprobleme wie die viel erörterte Frage der luv- oder leeseitigen Ablagerung des Lößstaubes, die Frage der differenzierten Zusammensetzung und Herkunft des Materials und selbst auch noch Fragen der Datierung nicht genügend einheitlich beantwortet sind. Derartige, die klimatologische Auswertung beeinträchtigenden Unsicherheiten liegen dagegen nicht mehr vor bezüglich der Flugsand- und Dünenfelder. Gewiß sind auch für sie noch etliche Spezialfragen zu lösen, aber im großen und ganzen zeigt das sehr umfangreiche, in Jahrzehnten zusammengekommene Schrifttum, das zu wiederholten Malen auch großräumige Zusammenfassungen erfuhr (79, 45, 41, 100), zumindest in den morphologischen Ergebnissen erfreuliche Übereinstimmungen[1]). So erweisen sich gerade diese Formen als für unseren Zweck aus mehrerlei Gründen besonders geeignet. Sie gestatten zwar direkte Schlußfolgerungen nur auf die Windverhältnisse früherer Zeit, liefern mit ihnen aber die Ausgangsbasis weiterführender Überlegungen[2]).

I. Das Alter der äolischen Ablagerungen.

a) Die Flugsand- und Dünenfelder.

Die klimageschichtliche Auswertung von Vorzeitformen setzt deren möglichst genaue Datierung voraus. Diese ist heute im Falle der Flugsand- und Dünenfelder unter Anwendung verschiedener Methoden erreichbar.

Die Binnendünen West- und Mitteleuropas sind in der Gegenwart fast ausnahmslos mit Wald oder einer dem sandigen Boden gemäßen Heidevegetation bewachsen. Sie sind somit Ruheformen. Wo sich dennoch Veränderungen vollziehen, hängen diese nach einheitlichem Urteil aller Beobachter mit einer örtlichen Zerstörung des Pflanzenkleides durch den Menschen oder seine Viehhaltung zusammen. Im allgemeinen bewirken solche Veränderungen nur eine Abwandlung der Dünenböschungen, aber nicht eine Abwandlung der Grundformen der einzelnen Dünen oder gar der ganzen Dünenfelder. Manche Dünen scheinen eine derartige Wiederbelebung im Laufe der Geschichte wiederholt erfahren zu haben, wie aus der Wechsellagerung von Sandlagen mit verschiedenen Humus- oder Ortsteinhorizonten gelegentlich ablesbar ist (29, 21). Aber auch in solchen Fällen blieb in der Regel die Großform der Dünen erhalten. So ergeben sich erste, rein äußerliche Anhaltspunkte dafür, daß die mittel- und westeuropäischen Dünen fossil seien. Die heutigen Winde vermöchten zwar in ausreichender Weise den Sand zu transportieren und Dünen aufzuschütten, wie dies noch an den Küsten vor sich geht, aber die heutige ebenfalls klimabedingte Vegetation unterbindet ihre Wirkung. Eine Ausnahme scheinen innerhalb Europas nur die Binnendünen der südlichen Balkanländer zu machen, wie etwa die Dünen längs der unteren Donau und unteren Theiß, die offenbar noch in der Gegenwart in Bildung begriffen sind (76, 41).

Ein nächstes Dokument für den vorzeitlichen Charakter der Binnendünen stellen prähistorische Materialien dar, die aus fast allen Dünenfeldern von Südrußland bis nach Frankreich hinein geborgen werden konnten (85, 79, 46, 94). Sie fanden sich in den Sandschichten der oberen Dünenpartien, in den Hängen oder auch in den Hohlformen zwischen den Dünen und gehören den verschiedensten Perioden und Kulturen an. Das älteste ist meines Wissens Material des früheren Mesolithikums, der Ahrensburger Stufe zugehörig, wie es beispielsweise in holsteinischen Dünen gefunden wurde (46). Gesetzt, die vorgeschichtlichen Menschen hätten die Flugsandgebiete erst bezogen, als diese festgelegt waren, würde dies besagen, daß die Dünen im Präboreal fertig waren und somit im wesentlichen vor der endgültigen Wiederbewaldung Norddeutschlands entstanden.

---

[1]) Die unter 41 zitierte Arbeit von I. Högbom ist mir erst gegen Schluß meiner Untersuchungen in die Hände gekommen. Mit ihr haben meine Ausführungen trotz erheblicher Abweichungen vielerlei Berührungspunkte.

[2]) Die Arbeit erforderte ein besonders umfangreiches Studium von Literatur und Karten, das nur dadurch möglich war, daß mir die Herren Prof. Bederke und Mortensen in dankenswertester Weise die Benutzung ihrer immer noch sehr reichen Institutssammlungen gestatteten. Verschiedenen Herren habe ich für Schrifttumshinweise und Beobachtungsmitteilungen zu danken, so besonders den Herren Prof. Dr. H. Bobek (für Rußland), Dr. M. Bürgener (für Polen), Prof. Dr. W. Czajka (für Schlesien), Oberregierungsrat Dr. W. Dammann (für klimatolog. Angaben), Prof. Dr. F. Firbas (für Pollenanalysen), Dr. Heinz Müller (für Westfalen), Prof. Dr. M. Schwarzbach (für Schlesien).

Auf dasselbe Alter der Dünen deuten auch morphologische und geologische Datierungsmittel, so unter andern Korrelationen zwischen den Flugsand- und Dünenfeldern einerseits und eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Flußterrassen andererseits wie sie etwa von französischen Forschern für die Dünen der Landes (37) oder von deutschen Forschern für die Dünen in Begleitung von Rhein, Lippe, Weser und Unterelbe durchgeführt wurden (96—99, 63). Verläßlichere Datierung als solche Korrelationen, die stets eine sichere, aber keineswegs immer unumstrittene Altersstellung der einzelnen Flußterrassen zur Voraussetzung haben, erlaubt in Norddeutschland und Polen das Lageverhältnis der Dünenfelder zu den Jungmoränen. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, liegen in diesen Gebieten zahlreiche Dünenfelder nördlich der Grenze der maximalen Eisausdehnung der und an die Seenrinnen erst gelangten, nachdem diese als Hohlformen durch Wegtauen des Toteises entstanden waren. Dünenbildung und Rinnenseebildung sind somit keineswegs zwei ursächlich gekoppelte, aber doch gleichzeitige Vorgänge, deren Alter und Dauer sich aus dem Anfang und Ende der Toteisauflösung ergeben, anzusetzen nach obigen Ausführungen mit dem Beginn des Eisrückzuges und, soweit es das Ende betrifft, als nach der Allerödschwankung gelegen. Diese Datierung schließt nicht aus, daß die Dünenbildung außerhalb des Bereiches der Jungmoränen auch schon etwas früher begonnen haben könnte, wenngleich das Klima, das Norddeutschland, den westeuropäischen Ländern und Ungarn in der Phase des Eishochstandes eigen war, infolge reichlicher Feuchte nicht sonderlich günstig gewesen sein dürfte (70, 71).

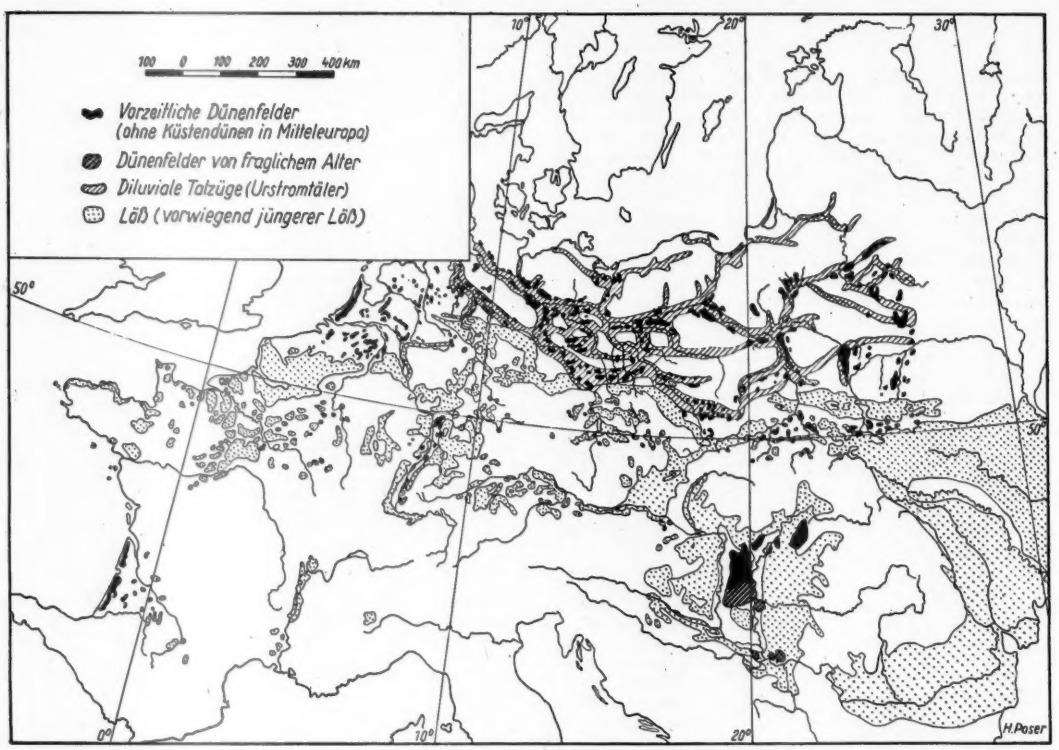


Fig. 1. Verbreitung von Binnendünen und Löß in Mittel- und Westeuropa (unter Mitbenutzung der Karten von R. Grahmann, K. Keilhack und J. Högbom).

Weichselvereisung und können hier erst nach Rückzug des Eises entstanden sein. Da es sich hierbei mit um die größten und ausgedehntesten Dünenfelder handelt, ist ihre Bildung schwerlich als Ausklang der Dünenzeit zu deuten; sie muß schon Auftakt und Maximum der Dünenbildung überhaupt gewesen sein, womit also die Hauptdünenzeit erst nach dem Rückzug des Eises von seiner südlichsten Randlage begonnen habe. Diese Feststellung wird wesentlich ergänzt durch H. Lembkes (52) Untersuchungen über die Lage- und Altersbeziehungen zwischen den Dünen und den meist nordsüdlich ziehenden Seenrinnen in Norddeutschland. Diese Seenrinnen sind bekanntlich durch das Ausschmelzen von großen Toteisblöcken entstanden, die beim Rückzug des Inlandeises in langgestreckten, meist subglazial angelegten Tälern verblieben waren. Das Ausschmelzen solcher Toteismassen nahm offenbar eine verhältnismäßig lange Zeit in Anspruch, zumal sie nach Ablösung vom Inlandeis oft durch Schmelzwasser und Wind mit einer schützenden Sandschicht überdeckt wurden. M. Sauramo hat für die Auflösung eines derartigen Eisklotzes in Finnland auf Grund von Warfenzählungen rund 1000 Jahre errechnet (52), und H. Groß (34) hat bei Moruntersuchungen in Ostpreußen die Feststellung getroffen, daß das Abschmelzen des letzten Toteises erst nach der Allerödschwankung beendet war. Die Lage der Dünenfelder zu diesen Seenrinnen zeigt nun, daß in zahlreichen Fällen Dünen von Westen nach Osten die Seenrinnen überschritten, als diese noch von Toteis erfüllt gewesen sein müssen, und lehrt an anderen Beispielen, daß die Dünen in

Bei dieser letzten Datierung mit morphologischen Mitteln hat schon die Pollenanalyse ein wenig nachhelfen müssen. Sie, die als Datierungsmittel in der modernen Morphologie immer mehr an Bedeutung gewonnen hat, bietet auch für die Altersbestimmung der Dünen wertvolle Anhaltspunkte. In den meisten Dünenfeldern kommen zwischen den Dünen Moore vor; mitunter haben auch, wie beispielsweise im Pfälzer Gebrüch, die Moore die größere Ausdehnung, örtlich durchragt von den Dünen. Da sie dem Flug- oder Dünensand auflagern, sind nicht die Dünen in den Mooren, sondern die Moore in den Dünenlandschaften zur Anlage gekommen. An mehreren Stellen sind für die Dünendatierung außerordentlich aufschlußreiche moorstratigraphische und pollenanalytische Untersuchungen vorgenommen worden, so in der Dresdener Heide bei Räbnitz durch Frenzel (29), im Pfälzer Gebrüch durch F. Firbas (27), im Gebiet zwischen Wümme und Wörpe bei Dannenberg durch Overbeck (65), in den holländischen Flugsandfeldern durch Florschütz (25, 26) und im holsteinischen Dünen- und Moorgebiet durch Kolumbe und Beyle (46). Die Moorablagerungen beginnen hier überall mit zum Teil sanddurchsetzten Schichten, deren Pollengehalt der frühen waldlosen Periode der mitteleuropäischen Vegetationsgeschichte entspricht. Die Dünenbildung war danach eindeutig in dieser Periode im Gange. Einige Moorprofile gestatten noch weiter führende Schlußfolgerungen. Aus Holland beschreibt Florschütz (25, 26) eine Wechsellagerung von Flugsand und Torf von der Art, daß eine nur 20 cm mächtige Flugsandschicht zwischen zwei

Torflagen eingeschaltet ist, deren obere mit kryoturbaten, also an Dauerfrostboden gebundenen Formen versehen ist und dann ihrerseits wieder von einer mächtigeren Flugsandschicht überlagert wird. Das Profil besagt, daß die Flugsandbildung in der Zeit des Dauerfrostbodens begann, aber erst nach der Bildung der kryoturbaten Formen, das heißt nach dem Schwinden des Dauerfrostbodens zu größerem Ausmaße anwuchs. An anderen Moorprofilen, die Florschütz aus Holland mitteilt, läßt sich das Ende der Dünenzeit ablesen. Während die unteren, aus der waldlosen Phase stammenden Schichten dieser Profile stark sandig sind, werden die überlagernden präborealen Schichten, die ein Zeugnis der Waldausbreitung darstellen, nahezu sandfrei, was besagt, daß die Flugsand- und Dünenbildung mit der dichteren Wiederbewaldung ihr Ende fand. Ganz dasselbe bringt das von Overbeck und Schneider (65) aus der Nähe der Wümme-Dünen bei Dannenberg mitgeteilte Profil zum Ausdruck. Auch in ihm sind alle pflanzlichen Ablagerungen von der älteren Tundrenzeit bis zum Ende der jüngeren Tundrenzeit, das heißt bis zur endgültigen Ausbreitung des Waldes, zum Teil lagenweise mit Sand durchsetzt, unterbrochen aber durch bezeichnenderweise sandfreie Ablagerungen der Alleröds chwankung, der Phase vorübergehenden Vordringens von Birken-Kiefernwald zwischen den Tundrenperioden.

Alle hier in Anwendung gebrachten Datierungsmethoden führen in bezug auf Alter und Dauer der Flugsand- und Dünenbildung auf das gleiche Ergebnis hin. Die Dünenbildung beginnt, man möchte sagen zaghaft, bereits im Glazial, als das Inlandeis seine größte Ausdehnung und der Dauerfrostboden noch seinen Bestand hatte; aber sie schwillt erst später zur dominierenden Erscheinung im morphologischen Kräftespiel an, nachdem die Auflösung des Dauerfrostbodens und der Rückzug des Inlandeises eingeleitet waren, das Klima sich also vom Glazial zum Spätglazial grundsätzlich geändert haben mußte. Und die Dünenbildung dauert an bis zur Wiederbewaldung Mittel- und Westeuropas im Präboreal, somit bis zu einem neuen grundsätzlichen Klimawechsel, wahrscheinlich relativ kurzfristig unterbrochen allerdings durch die Birken-Kiefern-Waldphase der Alleröds chwankung. Spätere Veränderungen an den Dünenfeldern, veranlaßt meist durch Waldzerstörung, haben im großen und ganzen nur untergeordnete Bedeutung gehabt. Diese Datierung gilt für das nördliche Mitteleuropa, darf aber, wie es nach neueren Forschungen den Anschein hat (35, 83), auch auf Ungarn angewandt werden.

b) Der jüngere Löß.

Obgleich es aus Gründen, die in der Einleitung dargelegt wurden, nicht beabsichtigt ist, den Löß genau so wie die Dünen zum Ausgangspunkt klimatologischer Überlegungen zu machen, erfordert seine gelegentliche Einbeziehung in die Betrachtung aber doch ein wenigstens kurzes Eingehen auch auf seine Altersstellung.

Die einst viel erörterte Frage, ob der Löß Mitteleuropas interglazialen oder glazialen Alters sei, kann als längst im zweiten Sinne beantwortet gelten. Die Frage muß heute vielmehr so lauten, ob die Lößbildung während des ganzen Glazials andauerte, oder ob sie auf eine bestimmte Phase desselben beschränkt blieb. Soergel (77) begründete die heute meist vertretene Ansicht, daß die Lößbildung in der Phase des vorrückenden Inlandeises begonnen habe, in der Phase des Eishochstandes aber erst zu voller Entfaltung gekommen sei. Diese Lehre ist nicht ganz ohne Ergänzung und Widerspruch geblieben. So nahm beispielsweise H. Breddin (3—6) auf Grund der Beziehungen des Lößes zu Flugsand und Niederterrassen im Niederrheingebiet auch noch spätglaziale Lößbildung an, verlegten L. zur Mühlen (62) und W. Weißermel (95) die Lößbildung ganz ins Spätglazial. Den einen leiteten die Beziehungen des jüngeren Lößes zur spätglazialen Aufschüttung von Schottern und Schuttkegeln in Mittelschlesien, den andern vornehmlich der Gedanke, daß das aride Klima, das die Lößbildung erfordere, am besten wohl im Spätglazial möglich gewesen sei.

Alle diese Datierungen beruhen auf den verschiedensten Gegebenheiten, vor allem auf faunistischen Befunden und auf der Auswertung von Lageverhältnissen zwischen Löß und Flußterrassen oder Löß und Moränen. Wenn dennoch divergierende Ergebnisse vorliegen, so scheint es notwendig, auch noch auf weitere Möglichkeiten der Datierung bedacht zu sein. Ein besonders gutes Mittel zur Bestimmung der klimageschichtlichen Stellung des Lößes ist meines Erachtens mit den im Boden erhaltenen Kennformen für Dauerfrostboden vorhanden. Diese Kennformen, die Löß- oder Lehmkeile, Würge-, Taschen- oder Brodelböden, haben erst kürzlich eine klimageschichtliche Auswertung erfahren, aus der hervorging, daß der durch sie gekennzeichnete einstige Dauerfrost aus Mittel- und Westeuropa zur gleichen Zeit verschwand, da das Inlandeis seinen Rückzug antrat (69, 71). In Osteuropa hat er dagegen unter dem kontinentaleren Klima offenbar, wie aus den von Moskvitin (60) aus der Gegend von Moskau beschriebenen lößerfüllten Lehmkeilen in Jungmoräne zu schließen ist, den Beginn des Eisrückzuges noch um einige Zeit überdauert. Es sind daher zumindest für West- und Mitteleuropa die meist einen deutlichen Horizont darstellenden Kennformen für Dauerfrostboden eine sehr verläßliche früh- und hochglaziale Bezugsmarke, an der das klimageschichtliche Alter anderer Ablagerungen gemessen werden kann. Man kann sich in vielen Fällen mit gleichen Erfolgsaussichten auch der den genannten Kennformen gleichaltrigen Solifluktionshorizonte bedienen.

Da nun am Aufbau dieser Kennformen sehr oft auch jüngerer Löß entweder als Grundmasse von Lehm- bzw. Eiskeilen oder als mitverknetetes Material in Würge- und Taschenböden beteiligt ist, ergibt sich als absolut sicher, daß die Lößbildung im Dauerfrostbodenklima, das heißt im Früh- und Hochglazial bereits im Gange war. Dasselbe ist zu folgern aus der häufig beobachtbaren Durchmischung von jüngerem Löß und würmeiszeitlichen Wanderschuttmassen, wofür z. B. J. Büdel (7, 8) in seinen verschiedenen Periglazialstudien etliche Beispiele gibt. Andererseits bieten sich nun aber auch ebenso zahlreiche Profile dar, in welchen der Löß in größerer Mächtigkeit und primärer Lagerung die Kennformen für Dauerfrostboden oder fossile Schuttströme überdeckt und gar keinen oder nur sehr geringen Anteil an ihrem Aufbau nimmt. Aus der Fülle der Beispiele seien nur wenige herausgegriffen. Ich selbst beobachtete in der Tongrube von Bilshausen im Eichsfeld einen dort im Sommer 1948 sichtbar gewesenen breiten und tiefen Lehmkeil, der von jüngerem Löß erfüllt und von jüngerem Löß überlagert war. Letzterer zeigte in seinen unteren Partien Sackungserscheinungen in Richtung auf das Keilinnere, die entstanden sein dürften, als der Löß von oben an die Stelle des ausschmelzenden Eiskeiles trat. Die jüngsten Lößpartien über diesen Sackungserscheinungen befanden sich aber in völlig normaler ungestörter Lagerung, was eben besagt, daß sie zum Absatz kamen, als die Lehmausfüllung der Keilspalte, also die Ausschmelze des früheren Eiskeiles und damit die Auflösung des Dauerfrostes bereits erfolgt war. E. Brand (2) beschreibt aus der Gegend von Aschaffenburg einen Lehmkeil, der nach seiner Ausfüllung mit Lehm oben offenbar durch einen Abtragungsvorgang nahezu messerscharf abgeschnitten erscheint. Darüber liegt an scharf markierter Grenze jüngerer Löß. Die Lößdecken über Wanderschuttmassen sind mit diesen sehr oft nur in ihren basalen Lagen in Mischung geraten. Passarge (66) beschreibt einige Profile dieser Art aus dem Bereich des Meßtischblattes Stadtremda und erwähnt an anderer Stelle die deckenförmige Überlagerung von Blockschuttströmen durch Löß am Zobten (7). Ähnliche Profile haben F. Berger (1) aus der Glatzer Gegend und M. Richter (73) von den Gehängen im Niederrhein-Gebiet zur Darstellung gebracht. Alle diese Profile sprechen im Grunde genommen die gleiche Sprache, daß nämlich die Lößbildung die Zeit der Solifluktion und der Dauergefrornis überdauert habe. Manche Profile machen das noch gewisser. W. Rühl (75) schildert über würmeiszeitlichem Gehängeschutt befindlichen Löß, dessen Gehalt an Schneckenschalen in den unteren Lagen offenbar durch Solifluktion stark zerrieben, in den oberen Lagen aber gut erhalten ist, was nur so gedeutet werden kann, daß die oberen Lagen zur Bildung gelangten, als die Solifluktion bereits zur Ruhe gekommen war. Ich selbst fand bei größeren Lößmächtigkeiten über Wanderschutt im Eichsfeld wiederholt die Lößpartie zwischen der basalen Mischungszone und einer weiter oben folgenden Verlehmungszone ausgestattet mit eindeutig fossiler, meist verkalkter Röhrchenstruktur. Die Erhaltung auch dieser Struktur ist nur denkbar, wenn die betreffenden Lößpartien erst nach Abschluß der Solifluktion und der mit Dauergefrornis verbundenen, besonders starken frostdynamischen Vorgänge zur Ablagerung gelangte.

Es weisen somit zahlreiche Beobachtungen in die gleiche Richtung, daß nämlich die Lößbildung in der Phase des vorrückenden Eises und der Dauerfrostbodenbildung begann und bis in die Phase des Eisrückzuges, als der Dauerfrost wieder geschwunden und auch die Solifluktion im wesentlichen zur Ruhe gekommen war, dauerte. Das ist eine Datierung, zu der man jüngst auch in Ungarn gelangte (9). Ob nun aber das Maximum der Lößbildung im Hochglazial lag, wie Soergel annahm, oder im Spätglazial, wie

ich in Übereinstimmung mit anderen Autoren anzunehmen geneigt bin, läßt sich heute durch gewissermaßen makroskopische Beobachtung allein noch nicht entscheiden. Unabhängig davon zeigt aber die Datierung an, daß auch die Lößbildung noch Teil jener großen äolischen Vorgänge war, die das mitteleuropäische Spätglazial charakterisieren. So ist es denn auch nur natürlich, daß sich zwischen Flugsand und Löß räumlich enge Beziehungen und Übergänge finden, wie sie schon früh von hessischen Geologen für das Rhein-Main-Gebiet, von H. Breddin (3—6) für das Niederrhein-Gebiet, von Dewers (17—19) und anderen Autoren für Nordwestdeutschland und das Elbetal aufgezeigt wurden. Auch in den ungarischen Löß- und Flugsandgebieten treten solche Beziehungen auf, namentlich auch Wechsellagerungen, die erst unlängst wieder eine Darstellung erfahren haben (35).

II. Die klimatologisch wichtigsten Eigenschaften der Dünenfelder.

a) Die Verbreitung und Einzellage der Dünengebiete.

Die äolischen Vorzeitformen treten im Landschaftsbilde Mitteleuropas selten als Einzelerscheinungen auf. Gewöhnlich bilden sie Formengemeinschaften, die als Flugsand- und Dünenfelder größere Areale einnehmen. Das größte dieser Felder in Norddeutschland, gelegen zwischen Warthe und Netze, hat eine etwa bei Birnbaum beginnende WO-Erstreckung von rund 50 km bei einer NS-Breite von 7 bis 9 km. Andere Dünengebiete bleiben nicht weit hinter diesen Maßen zurück, und die ungarischen Felder zwischen Donau und Theiß und östlich der Theiß übertreffen sie sogar um ein Mehrfaches.

Sehr charakteristisch ist die *Verbreitung* der Dünengebiete. Die Karte Fig. 1 führt sie uns als ausgesprochene Tieflanderscheinungen vor. Im Südosten Europas halten sie sich an den Bereich der Ungarischen Tiefebene und im nördlichen Mitteleuropa folgen sie wie ein Gürtel von Belgien bis Polen der von diluvialem Lockermaterial aufgebauten Tieflandszone. Nur an den größeren Tälern von Rhein, Elbe, Oder und Weichsel dringen sie in schmalen Bändern auch ins Mittelgebirge vor. So scheint es, daß die Voraussetzungen für ihre Bildung am besten in den Tiefländern erfüllt waren, wahrscheinlich durch die Flachheit des Reliefs und den größeren Reichtum an Lockerstoffen.

Die Karte demonstriert neben der Verbreitung der Dünengebiete zugleich auch die des Lößes und läßt somit das Verhältnis beider zueinander erkennen. Die einst von Levy (56) nach Erfahrungen in Belgien geäußerte Ansicht, daß sich Flugsand- und Dünenverbreitung deutlich und scharf von der Lößverbreitung absetze, wird dadurch nur teilweise bestätigt. Beide Ablagerungen haben zwar sehr deutlich eigene Schwerpunkte der Verbreitung, aber es kommen auch, abgesehen von den schon erwähnten Übergängen zwischen Sand und Löß, mancherlei räumliche Beziehungen und Verzahnungen vor und dies besonders im Osten.

Innerhalb ihres gesamten Verbreitungsgebietes nehmen die Dünenfelder eine bemerkenswerte *Einzellage* ein. Einige begleiten in Anlehnung an Jungdünenzüge die Küsten, so die Altdünen der Gascogne und die Altdünen Hollands nördlich der Maas. Die Mehrzahl liegt aber in und an den großen diluvialen Talzügen und ihren Verzweigungen sowie an und auf den mit diesen Talzügen vielfach verknüpften Sanderflächen (104, 45, 56, 96—100, 52). Dagegen sind weite Flächen zwischen diesen Tälern frei von Flugsand und Dünen, was den inneren Zusammenhang beider Erscheinungen nur noch deutlicher werden läßt. Für Ungarn gilt ähnliches. Auch hier liegen, wie Cholnoky (13) schon aussprach, die Wurzeln der Dünenfelder in den alten Talzügen. Diese ganz gesetzmäßige Verbindung deutet auf die Talzüge als die einstigen Spender der in die Dünenfelder verfrachteten Sandmassen hin. Wilckens (96—100) hat diese Bindung damit näher begründet, daß nur die Flüsse durch Aufbereitung und Entkalkung des von ihnen transportierten Materials den Dünensand zu liefern vermocht hätten. Sie leisteten mithin im Binnenlande dieselbe Vorarbeit für die Dünenbildung wie an der Küste das Meer.

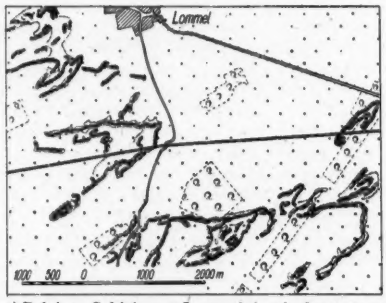
Die Klärung dieser Verhältnisse liefert nun das erste Mittel zur Bestimmung der einst für die Dünenbildung maßgeblichen Windrichtung. Diese ist im Einzelfall identisch mit der Richtung, in der sich das zu einem Dünengebiet gehörige Nährgebiet befindet. Im Flachland von Belgien bis Polen ist von dieser Erkenntnis schon mehrfach Gebrauch gemacht worden: Hier liegen die Dünenfelder in nahezu jedem Falle nordöstlich, östlich oder südöstlich von den Talzügen oder den an sie anknüpfenden Sanderflächen. Dort, wo sich die Dünenfelder westlich der heutigen Flußläufe ausdehnen und scheinbar eine Abweichung von der Regel bekunden, befinden sich, wie Wilckens (96—100) an zahlreichen Beispielen belegte, fast ausnahmslos in ihrem Hintergrunde nach Westen Altläufe oder Seenreihen, die offensichtlich für sie den einstigen Herkunftsort des Baumaterials abgaben. Aus diesen Lagebeziehungen zwischen Dünengebiet und Nährgebiet ist für das nördliche Tiefland schon wiederholt gleichlautend auf vorwiegend westliche Winde geschlossen worden (104, 45, 56, 96—100). Man muß indes im Auge behalten, daß mit Hilfe dieses Mittels nur eine sehr allgemeine Richtungsangabe gemacht werden kann. Ein Dünengebiet, das z. B. östlich einer nordsüdlichen Talungsstrecke liegt, kann aus dieser seinen Sand durch Winde aus ebensowohl westlichen wie südwestlichen oder auch nordwestlichen Richtungen empfangen haben. So sind noch weitere Mittel nötig, die Windrichtung zu präzisieren. Sie liefert uns die Beschaffenheit der Dünen und Dünenfelder im einzelnen.

b) Die Struktur der Dünen und Dünenfelder.

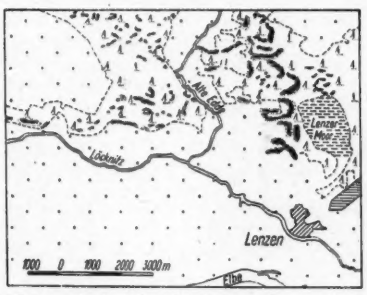
Die am Aufbau der Dünenfelder beteiligten Einzelformen sind nach Größe und Gestalt außerordentlich mannigfaltig. Die Fig. 2, 3, 4 geben nur eine Auslese von ihnen. Sie erschöpfend zu behandeln, ist hier weder Aufgabe noch Platz. Einige kommen indes in größerer Wiederholung vor, dokumentieren sich dadurch als Typen und sind auch klimatologisch von größerem Interesse. Dazu gehören nahezu ungegliederte *Flugsandflächen*, regellose, oft *schildförmige Sandhaufen*, *Wall-* oder *Querdünen* von etwas plumper und massiger, im ganzen aber doch länglicher Gestalt, *Strich-* oder *Längsdünen* von schlanker Form und häufig sehr geradliniger Längserstreckung und ferner verschiedene Arten von *Bogendünen*. Unter diesen sind besonders häufig und für die europäischen Dünenfelder geradezu kennzeichnend die *Parabeldünen*, relativ zierliche Gebilde mit vielfach kilometerlangen Ästen oder Schweifen, deren Höhe im allgemeinen von den Enden aus ganz allmählich gegen den Scheitel hin ansteigt. Mitunter ist der Scheitel soweit zugespitzt, daß sich die Parabelform einer V-Form nähert. Ähnlich häufig sind auch *Hakendünen*, Parabeln mit einem langen und einem kurzen Ast. Auch *Haldendünen* sind vorhanden, während Barchane fehlen. Alle diese Typen und Untertypen verbinden die verschiedensten Übergangs- und Zwischenformen. So

nehmen die Sandhaufen bei reihenhafter Anordnung und dichter Folge in manchen ungarischen Dünenfeldern das Aussehen von Strichdünen an, deren Kammlinie im Längsprofil jedoch den unruhigen Verlauf einer unregelmäßigen Schlangenlinie zeigt; so nähern sich die Strichdünen bei etwas geschlängelter oder knickhaft versetzter Längserstreckung in manchen Zügen den Bogendünen, oder es ähneln die Äste von Parabeldünen bei undeutlicher Ausbildung oder nachträglich erfolgter Zerstörung ihres Scheitels den Strichdünen.

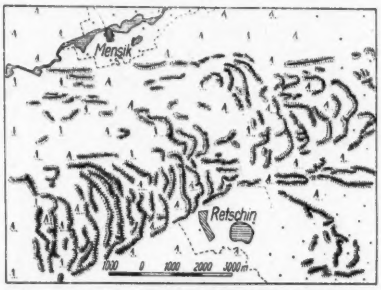
Das Gefüge, zu dem diese verschiedenen Formen zusammentreten, ist in mancher Hinsicht unterschiedlich. Manche Flugsandfelder sind nahezu ungegliedert, sind hier und da außer mit Windkuhlen wohl mit kleineren regellosen Sandaufhäufungen ausgestattet, nicht aber mit größeren Dünen. Man möchte geneigt sein, sie als das Ergebnis eines starken Sandfegens anzusehen. Solche Flugsandfelder haben vor allem in Holland und Nordwestdeutschland eine größere Verbreitung. Die meisten Flugsand- und Dünengebiete stellen dagegen Formengemeinschaften aus den verschiedensten Dünentypen und ihren Zwischenformen dar, jedoch immer so, daß im Einzelfall der eine oder andere Typ und die ihm verwandten Formen stark und das Bild bestimmend in den Vordergrund treten. So wird die Mehrzahl der ungarischen Dünengebiete, aber auch ein Dünengebiet in der Bartschniederung in Schlesien (Fig. 3, 4) gänzlich von Strichdünen beherrscht, während für die meisten belgischen, norddeutschen und polnischen Dünengebiete Parabeldünen besonders charakteristisch sind (Fig. 2). In diesen letzten Fällen haben die Dünen oft eine so dichte Aufeinanderfolge, daß sie sich bei gleicher Orientierung ihrer Bogenöffnungen förmlich ineinanderschachteln. Manche Parabeln sind scheitellos, so daß ihre Schweife wie Strichdünen daliegen. Andere haben nur die Gestalt von Haken. Wo diese Felder Anschluß an das Nährgebiet nehmen, sei es an eine breite Talung oder an eine



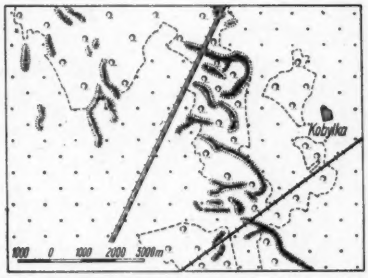
a) Belgien, Gebiet von Lommel (nach der topogr. Karte von Belgien 1 : 40 000, Bl. 17, Moll).



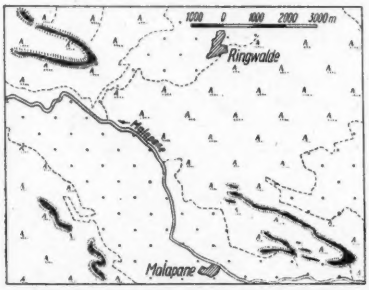
b) Dünengebiet an der Unterelbe bei Lenzen (nach der Karte des Deutschen Reichs 1 : 100 000, Bl. 212 Lenzen).



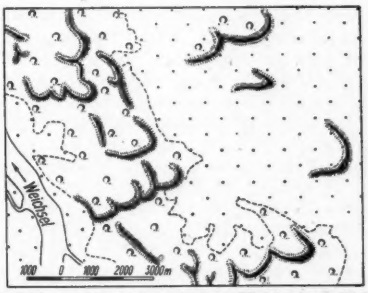
c) Dünengebiet südlich der Netze zwischen Filehne und Scharnikau (nach der Karte des Deutschen Reichs 1 : 100 000, Bl. 249, 250, Filehne und Scharnikau).



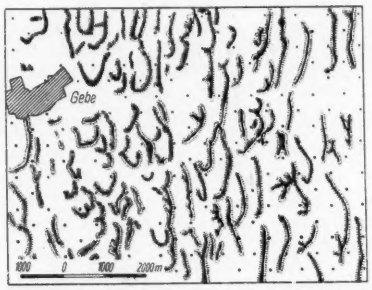
d) Dünengebiet östlich Warschau (nach der Karte des westlichen Rußlands 1 : 100 000, Bl. H 32, Warschau-Nord).



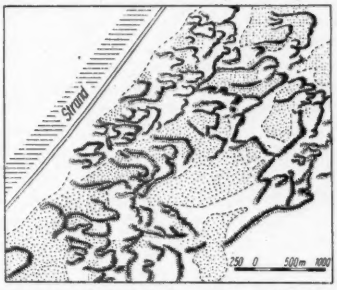
e) Dünengebiet an der Malapane (nach der Karte des Deutschen Reichs 1 : 100 000, Bl. 477, Oppeln).



f) Dünengebiet an der mittleren Weichsel nördlich der Einmündung der Lacha (nach der Karte des westlichen Rußlands 1 : 100 000, Bl. Bilgorod)



g) Dünengebiet im nördlichen Alföld östlich der Theiß (nach der topogr. Karte von Ungarn 1 : 75 000, Bl. 14, XXVI, Nagy-Kallo und Nyir-Bator).



h) Rezentes Dünengebiet an der holländischen Küste nördlich den Haag (nach Vanhouten).

Fig. 2. Ausschnitte aus europäischen Dünenfeldern mit vorherrschenden Parabeldünen.

Seenrinne, liegt vor der Öffnung der Bogendünen eine schmale Zone von Walldünen, die mit einem Steilhang auf das Dünenfeld, mit einem Flachhang auf das Nährgebiet weisen. Teils gestreckt, teils gewunden, laufen sie immer ziemlich parallel den Flußläufen, den Seen oder Talungsrändern.

Dies ist nur erst ein sehr allgemeines Bild von den vorzeitlichen Dünenfeldern, das zur klimatologischen Auswertung noch mancher Ergänzungen, vor allem eines Vergleichs mit rezenten Dünengebieten bedarf. Nicht erforderlich ist indes ein näheres Eingehen auf die Theorie der Dünenbildung.

Wenden wir uns zuerst wieder den einzelnen Dünen zu. Alle beschriebenen Formen haben ihre rezenten Vertreter entweder in den Dünengebieten der kontinentalen Trockenzonen (92) oder an den flachen Sandküsten (106, 107, 84, 67, 72). Hier haben die Dünen eine bestimmte Lage zur Hauptwindrichtung und im Zusammenhang damit ihnen eigentümliche äußere *Böschungs-* und *innere Strukturverhältnisse*. Während die Strichdünen in der Windrichtung verlaufen und einen ziemlich symmetrischen Querschnitt besitzen, liegen die Walldünen und Bogendünen wie unsere Parabel-, Halden- und Hakendünen quer zur Hauptwindrichtung und sind ausgezeichnet durch einen flachen Luv- und steilen Leehang. Bei den hier zur Rede stehenden und gegen den Wind geöffneten Bogendünen, am besten entwickelt in den Küstenlandschaften, befindet sich der Flachhang auf der Innen-, der Steilhang auf der Außenseite. Die Böschungswinkel bewegen sich etwa zwischen 5 bis 12° an den Flachhängen und zwischen 20 bis 32°, dem Maximalwinkel für Sand, an den Steilhängen. Mit diesem ganz gesetzmäßig entwickelten Böschungsgegensatz harmoniert weitgehend der innere Bau der Dünen. Er ist infolge Kreuzschichtung zwar meist sehr kompliziert und verwickelt, zeigt aber in der Regel ein flaches, fast hangparalleles Einfallen der Sandschichten im luvseitigen und ein sehr steiles Einfallen im leeseitigen Teil der Dünen. Die Walldünen spiegeln diesen Zustand im allgemeinen am besten wider.

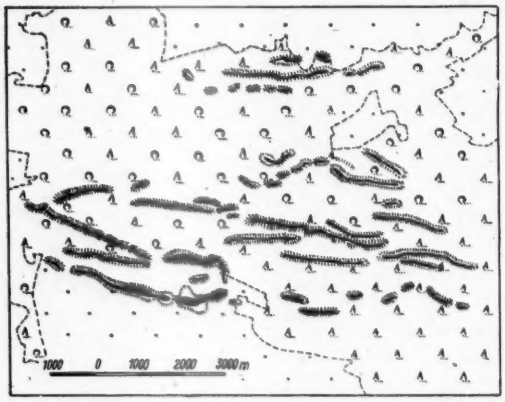


Fig. 3. Strichdünen in Schlesien bei Kath.-Hammer, südlich der Bartschniederung (nach der Karte des Deutschen Reichs 1 : 100 000, Bl. 399, Trebnitz).

Von grundsätzlicher Bedeutung ist nun, daß die europäischen Vorzeitdünen im großen und ganzen dieselben Böschungs- und Strukturverhältnisse aufweisen. Im ganzen Tiefland von Belgien bis Polen ist es die Regel, daß der Flachhang der Dünen in eine der westlichen Richtungen, der Steilhang in eine der östlichen Richtungen schaut, und ist es auch die Regel, daß der innere Bau der Dünen diesen Böschungsverhältnissen konform ist (51, 91, 58, 52). Messungen an den westwärts geöffneten Parabeldünen des norddeutschen Tieflandes ergaben beispielsweise 8 bis 13° für die Flachhänge und 10 bis 25° für die Steilhänge (79, 58), wobei im Vergleich zu den Werten an rezenten Dünen zu beachten ist, daß sich der Böschungsgegensatz an den Vorzeitformen durch Ausgleichsbewegungen an den Hängen gemildert hat. Diese weitgehenden Übereinstimmungen erlauben es, die Flachhänge der Vorzeitformen als Luvseiten und die Steilhänge als Leeseiten zu deuten und sie als Indizien auf die einst herrschende Windrichtung zu verwenden. Das gleiche gilt von der inneren Struktur der Dünen, in der die Einfallsrichtung der flachlagernden Schichten auf die Windseite hinweist. Beide Mittel lassen natürlich nur sehr allgemeine Aussagen zu.

Von den hervorgehobenen Übereinstimmungen gibt es einige Abweichungen regionalen Ausmaßes, die bei der Auswertung der Dünenprofile und ihres inneren Baues berücksichtigt werden müssen. Im einen Fall handelt es sich um die schon von Solger (79, 81) und Louis (58) erörterte Tatsache, daß die Schweife und namentlich Südschweife der nach Westen geöffneten Parabeldünen in Norddeutschland eine nicht dem rezenten Typ entsprechende Umkehr von Steil- und Flachhang, zumindest aber eine nicht dem Typ entsprechende Gegensatzlosigkeit von Innen- und Außenhang aufweisen. Beide Forscher haben das mit guter Begründung als nachträgliche Veränderung der Vorzeitdünen durch den heute dort herrschenden Südwestwind zu erklären gewußt. Ähnliche Veränderungen sollen nach Solger (79) im gleichen Gebiet auch westöstlich laufende Strichdünen erfahren haben. Eine andere Ausnahme betrifft die nordsüdlich streichenden Strichdünen im nördlichen Alföld. Bei ihnen ist der Dünenkamm so weit nach Osten verschoben, daß statt des normalen symmetrischen Querschnittes ein asymmetrischer mit steilem Hang nach Osten und flachem Hang nach Westen gegeben ist (Fig. 4). Auch dies hat als eine Veränderung zu gelten, die erst vom heute dort herrschenden Wind veranlaßt wurde, der, aus NW kommend, die Dünen in spitzem Winkel trifft (13). Solche Abweichungen vom rezenten Typ lassen sich unschwer eliminieren und aus der klimatologischen Auswertung der Dünen ausschalten. Im übrigen sind sie ein willkommener, wenn auch nur indirekter Beweis für die Konstanz des Dünengrundrisses: Natürliche Veränderungen haben sich an den Vorzeitdünen seit ihrer Bildung vollzogen, sie betreffen aber nur eine teilweise Abwandlung des Dünen-

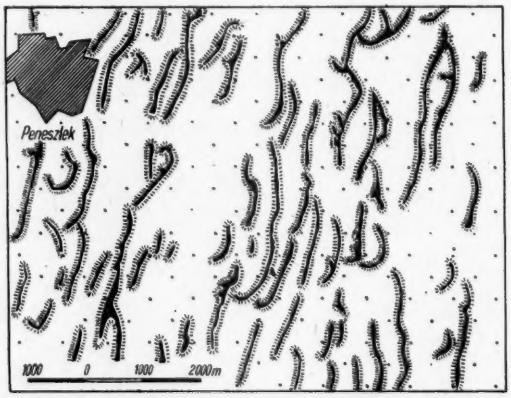


Fig. 4. Strichdünen im nördlichen Alföld östlich der Theiß (nach der topogr. Karte von Ungarn 1 : 75 000, Bl. 15, XXVI, Nyir-Beltek).

profils, nicht eine Abwandlung der Grundform. Diese erlangt daher für unsere Zwecke besondere Bedeutung.

Für die oben geschilderte Formenfolge von Walldünen und anschließenden, ineinandergeschachtelten Bogendünen, wie sie für viele Dünenfelder von Belgien bis Polen als charakteristisch zu gelten hat, bieten sich die besten Vergleichsmöglichkeiten in den rezenten Dünengebieten der europäischen Flachküsten dar, so an der Küste der Gascogne, an der holländischen Küste nördlich der Maasmündung, an der dänischen Küste und auch an der Kurischen Nehrung. Die Abfolge der Formen ist hier dieselbe; dem Strand am nächsten und zu ihm parallel liegen Walldünen, landeinwärts folgen windwärts geöffnete Bogendünen. Aus dem von hier bekannten Tatsachenschatz ist von besonderer Wichtigkeit, daß der Wind in den wenigsten Fällen senkrecht auf die Küste trifft, sondern meist unter spitzem oder stumpfem Winkel aufläuft. Die Längsrichtung der fast stets strandparallelen Walldünen pflegt somit nicht rechtwinklig zur Windrichtung zu verlaufen. Erst die weiter landeinwärts folgenden Dünen haben eine eindeutige Orientierung nach dem Winde, die Parabeldünen derart, daß die Richtung ihrer Achse ziemlich genau der Hauptwindrichtung entspricht (Fig. 2h). Auf die Vorzeitformen angewandt besagt dies, daß die den Nährgebieten nahegelegenen, also den Flüssen, Talrändern oder Seen parallel laufenden Walldünen wohl auf Grund ihrer Flach- und Steilhänge, nicht aber auf Grund ihrer Längsrichtungen Aussagen über die einstige Windrichtung gestatten, wohingegen die Parabeldünen die letztere durch die Richtung ihrer Öffnung und noch besser durch die Richtung ihrer Achse am besten widerspiegeln.

In den jetztzeitlichen Dünenfeldern ist oft zu beobachten, daß die Parabeldünen in ihrem Scheitelstück durchbrochen sind, und daß sich jenseits des Durchbruchs eine neue Halden- oder Parabeldüne gebildet hat (38—40, 67). Ganz analoge Bilder sind auch in den vorzeitlichen Dünenfeldern anzutreffen. Zu deuten sind solche Durchbrüche am besten so, daß der in die Parabeln hineinwehende Bodenwind durch die Konvergenz der Parabeläste eine mit der Annäherung an den Scheitel zunehmende Komprimierung erfährt, wodurch in der Mittellinie der Strömung in Richtung auf den Scheitel Windstärken erreicht werden, die jene des Gradientwindes weit überschreiten können. Ist der Durchbruch der Düne im Scheitel erfolgt, so breitet sich der Luftstrom jenseits der Lücke fächerförmig aus; er schwächt sich dadurch, und zwar am meisten in seinen Seitenteilen, und lagert infolgedessen den aus der Durchbruchsstelle entführten Sand von vornherein in einer Bogenform ab, aus der in weiterer Entwicklung eine neue reguläre Parabeldüne hervorgehen kann. Die nach dem Durchbruch der ersten Parabeldüne verbleibenden Schweife haben durch ihre Schlankheit oft sehr viel Ähnlichkeit mit Strichdünen; sie sind es aber nicht, weder nach Richtung noch nach Profil, sondern stellen Relikte zerstörter Parabeldünen dar. Es ergibt sich damit der Hinweis, daß strichdünenartige Gebilde in vorzeitlichen Parabeldünenfeldern ihrem Wesen nach vielfach Zerstörungs- oder Restformen sein dürften und für klimatologische Auswertungen nur nach sorgfältigster Analyse in Frage kommen, am besten aber ganz zu vernachlässigen sind.

Anders steht es mit den Strichdünen, die unter sich parallel und in ziemlich dichter Lagerung ganze Dünenfelder beherrschen, wie das in den meisten Dünengebieten zwischen Donau und Theiß und östlich der Theiß der Fall ist. Obgleich auch diese großen Felder an die Ablagerungen der Flüsse Ondovam, Tapoly, Ung und Latorcza anknüpfen und von hier aus nördlicher Richtung mit Sand beliefert werden konnten (13), dehnen sie sich doch über so weite Areale aus, daß auch mit der Möglichkeit ihrer Bildung aus ursprünglich schon vorhandenem Lockermaterial innerhalb ihres Bereiches gerechnet werden darf. Es ist daher nicht ganz sicher, ob man zur Erklärung dieser Strichdünen mehr auf die Erfahrung von den Küsten oder auf solche aus Binnenlandsgebieten zurückgreifen soll. Im ersten Falle müßten diese Strichdünen als ganz der einstigen Windrichtung angepaßte Endformen einer Entwicklung angesehen werden, die von Urformen über Parabeldünen und deren Zerstörung zu Strichdünen führte. Das Vorkommen größerer Felder teils aufgelöster, teils wohl erhaltener Parabeldünen östlich der Theiß in unmittelbarer Nähe der Strichdünenfelder (Fig. 2g) könnte einer derartigen Deutung Vorschub leisten. Für den zweiten Fall ist ein Vergleich mit den Strichdünen der Wüste NW-Indiens sehr naheliegend, die gewissermaßen als Urform durch den SW-Monsun geschaffen wurden und diesem völlig parallel laufen (15). Die Grundrisse dieser und der ungarischen Strichdünen zeigen bemerkenswerte Ähnlichkeiten. Ob die vorzeitlichen Strichdünen nun auf die eine oder andere Weise entstanden sind, braucht hier nicht geklärt zu werden; entscheidend ist, daß sie in beiden Fällen mit ihrer Längsrichtung dem einstigen Winde parallel gewesen sein müssen und somit als Vorzeitformen Rückschlüsse auf diesen gestatten. Die Frage, ob im Falle der nahezu nordsüdlich verlaufenden ungarischen Strichdünen auf einstigen Nord- oder Südwind zu schließen ist, beantworten die soeben erwähnten benachbarten Parabeldünen mit ihrer Öffnung in nördliche Richtung.

Neben den vielerlei Unterschieden weisen die vorzeitlichen Parabel- und Strichdünenfelder oft eine sehr auffallende Eigenschaft gemeinsam auf. Ihre Längserstreckung ist gewöhnlich um ein Vielfaches größer als ihre Breite und entspricht in der Richtung immer ziemlich genau der Richtung der echten Strichdünen oder der Richtung der Parabelachsen (Fig. 2c). Diese Übereinstimmung ist so groß, daß man bei langgestreckten Dünenfeldern auch die Längsrichtung als ein gutes Mittel zur Bestimmung der früheren Windrichtung heranziehen kann.

Heben wir aus den bisherigen Darlegungen mit Bezug auf die Bestimmbarkeit der einstigen Windrichtungen das Fazit hervor, so ergibt sich, daß *allgemeine* Aussagen gemacht werden können a) nach der Lage der Dünenfelder zum Herkunftsort des Sandes, b) nach der Auslage der Luv- und Leeseiten der Dünen, c) nach der inneren Struktur der Dünen, und daß *genauere* Aussagen möglich sind d) nach der Richtung der Öffnung und Achsen der Parabeldünen, e) nach der Richtung der echten Strichdünen und f) nach der Längsrichtung von Parabel- und Strichdünenfeldern.

(Fortsetzung und Schluß folgt.)

Literatur.

(1) Berger, F., Zur Gliederung des schlesischen Lößes. Centralbl. f. Min. Geol. Pal. Abt. B., 376—380 (1932). — (2) Brand, E., Diluviale Eiskeile bei Aschaffenburg. Senckenbergiana, **20**, 412 (1938). — (3) Breddin, H., Löß, Flugsand und Niederterrasse am Niederrhein. Jahrb. Pr. Geol. Landesanst., **XLVI**, 635—662 (1926). — (4) Breddin, H., Löß, Flugsand und Niederterrasse im Niederrheingebiet, ein Beitrag zur Frage der Entstehung des Löß. Geol. Rundsch., **18**, 72—28 (1927). — (5) —, Flußterrassen und Löße am Niederrhein. Zt. Dtsch. Geol. Ges., **83**, 659 (1931). — (6) —, Erläuterungen zur Geol. Karte von Preußen, Bl. Mühlheim/Ruhr, Nr. 2575 (1931). — (7) Büdel, J., Eiszeitliche und rezente Verwitterung und Abtragung im ehemals nicht vereisten Teil Mitteleuropas. Pet. Mitt. Ergh. **229** (1937). — (8) —, Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. Geol. Rdsch. **34**, 482—519 (1944). — (9) Bulla, B., Der pleistozäne Löß im Karpathenbecken. Földtani Közlöni **68**, 33—58 (1938). — (10) —, Bemerkungen zum Problem des ungarischen Lößes. Zt. f. Geomorph. **8**, 324 (1935/36). — (11) Bürgener, M., Pripet-Polessie. Pet. Mitt. Ergh. **237** (1939). —

(12) Cailleux, A., Les actions écoliennes périglaciaires quaternaires en Europe. Comptes rend. som. et Bull. de la Soc. Géolog. de France, Ser. 5, 6 (1936). — (13) Cholnoky, E. v., Die Oberflächengestalt des Alföld. Földrajzi Közlemeyek 38, (1910). — (14) Chudeau, R., Les dunes de Gascogne. La Géographie 35 (1921). — (15) Cornish, V., On the Formation of Sand-Dunes. Geogr. J. 9 (1897). — (16) Deecke, W., Flechtenrasen im Löß. Zt. Dtsch. Geol. Ges. 80, 374, Monatsber. (1928). — (17) Dewers, F., Flottsandgebiete in Nordwestdeutschland, ein Beitrag zum Lößproblem. Abh. Nat. Ver. Bremen 131—204 (1932). — (18) —, Probleme der Flugsandbildung in Nordwestdeutschland. Abh. Nat. Ver. Bremen 29, 324—360 (1934/35). — (19) —, Das Diluvium. In: Gripp, K., Dewers, F. u. Overbeck, F., Das Känozoikum in Niedersachsen. Oldenburg (1941). — (20) Dorsey jr., Hb. G., Some meteorological aspects of the Greenland ice cap. J. Met. 2, 135 (1945). — (21) Engmann, K. Fr., Pollenanalytische Untersuchungen fossiler Böden im Flugsandgebiet von Leussow (Südwestmecklenburg). Mitt. Mecklenburg. Geol. Landesanst. 45, N. F. 10, 1—24 (1937). — (22) Enquist, Fr., The Relation between Dune-forms and Wind-direction. Geol. För. Förhandl. Stockholm, 19—59 (1932). — (23) Faber, F. J., Nederlandsche Landschappen. Gorinchem (1942). — (24) Farago, M., Die oberflächlichen Gebilde der Umgebung von Nagy Körös. Földtani Közlöny 68, 144—167 (1938). — (25) Florschütz, F., Über spätpleistozäne Flugsandbildungen in den Niederlanden. Compt. Rend. Congr. Géogr. Int. Amsterdam, II, Sect. II a, 279 bis 286 (1938). — (26) —, Spätglaziale Torf- und Flugsandbildungen in den Niederlanden als Folge eines dauernden Frostbodens. Abh. Nat. Ver. Bremen 31, 319—325 (1939). — (27) Firbas, F., Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Rheinpfalz. Beih. z. Bot. Centralbl. 3, Abt. B., 119—156 (1934). — (27 a) —, Vegetationsentwicklung und Klimawandel in der mitteleuropäischen Spät- und Nacheiszeit. Naturwiss. 27, 817 (1939). — (28) —, Über das Verhalten von Artemisia in einigen Pollendiagrammen. Biol. Zentralbl. 67, 17—22 (1948). — (29) Frenzel, H., Entwicklungsgeschichte der sächsischen Moore und Wälder seit der letzten Eiszeit. Abh. Sächs. Geol. Landesanst. 9, 1—119 (1930). — (30) Ganssen, R., Die Entstehung und Herkunft des Löß. Mitt. a. d. Labor. d. Pr. Geol. Landesanst. 4, 35—46 (1922). — (31) Geiger, R., Das Klima der bodennahen Luftschicht (1942). — (32) Grahmann, R., Der Löß in Europa. Mitt. Ges. f. Erdk. Leipzig, 5—24 (1930/31). — (33) Georgi, J., Das Klima des grönländischen Inlandeises und seine Einwirkung auf die Umgebung. Abh. Nat. Ver. Bremen, 31, 408 bis 465 (1939). — (34) Groß, H., Nachweis der Allerödschwankung im süd- und ostbaltischen Gebiet. Beih. z. Bot. Centralbl. 57, (1937). — (35) Gy, P., Quartäre Deflationserscheinungen im mittleren Eipeltal. Foldtani Közlöny, 68, 169—179 (1938). Zit. nach N. Jb. Min. Geol. Pal. II, 614 (1939). — (36) Häberle, D., Die westpfälzische Moorniederung (das Pfälzer Gebrüch). Hettner-Festschr. 19, Leipzig (1929). — (37) Harlé, Ed., Age des dunes de l'intérieur de la Gascogne. Compt. rendu som. Soc. Géol. de France 120—121 (1912). — (38) —, Dunes paralleles au vent sur la côte de Gascogne. Compt. rendu som. Soc. Géol. de France 34—35 (1912). — (39) —, Etudes sur les Landes de Gascogne. Compt. rendu som. Soc. Géol. de France 414—418 (1912). — (40) Harlé, Ed. u. Harlé, J., Memoire sur les dunes de Gascogne avec observations sur la formation des dunes. Com. des travaux histor. et scient. Bull. de la Sect. de Géographie 34 (1920). — (41) Högbom, J., Ancient Inland dunes of Northern and Middle Europe. Geogr. Ann. 5, 113—241 (1923). — (42) Harrassowitz, H., Die Entstehung der oberhessischen Bauxite und ihre geologische Bedeutung. Zt. Dtsch. Geol. Ges. 73, 179 (1921). — (43) Jentzsch, A., Über den Eiswind und das Dünengebiet zwischen Warthe und Netze. Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. 60, Monatsber., 120—123 (1908). — (44) Kalela, A., Systematische und pflanzengeographische Studien an der Carex-Subsection Alpinae Kalela. Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fennicae Vanamo 19, Helsinki (1944). — (45) Keilhack, K., Die großen Dünengebiete Norddeutschlands. Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. 69, Monatsber., 2—19 (1917). — (46) Kolumbe, E. u. Beyle, M. Dünensande und Torfe im Westteil des Esinger-Moores (Holstein). Abh. Nat. Ver. Bremen 32, 91—114 (1942). — (47) Koehne, W., Alter und Entstehung der Gesteine der Lößgruppe in Oberbayern. Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. 73, 69 (1921). — (48) Kölbl, L., Studien über den Löß. Mitt. Geol. Ges. Wien 23 (1930). — (49) Köppen, W. u. Wegener, A., Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin (1924). — (50) Köppen, W., Der Umschwung der Windverhältnisse von Europa vor etwa 12 000 Jahren. Met. Ztschr. 51, 188—189 (1934). — (51) Korn, J., Über Dünenzüge im Torfe des Netzetales bei Czarnikau, ihr Alter und ihre Entstehung durch westliche Winde. Jb. Pr. Geol. Landesanst. 37, 147—156 (1916). — (52) Lembke, H., Das Alter der norddeutschen Binnendünen. Dtsch. Geogr. Blätter 42, 87—96 (1939). — (53) Lehmann, F. W. P., Wanderungen und Studien in Deutschlands größtem binnenländischen Dünengebiet. Jb. Geogr. Ges. Greifswald 10, (1907). — (54) —, Ein Binnendünenproblem. Pet. Mitt. 124—126 (1918). — (55) Lencewicz, St., Les dunes continentales de la Pologne. Przeglad geograficzny (Rev. polonaise de Géogr.) 12—59 (1922). — (56) Levy, F., Die belgischen Binnendünen. Geol. Rdsch. 12, 150—155 (1921). — (57) Löffler, E., Die Oberflächengestaltung des Pfälzer Stufenlandes. Forsch. Dtsch. Landes- u. Volkskde. 27 (1929). — (58) Louis, H., Die Form der norddeutschen Bogendünen. Ztschr. f. Geomorph. 4, 7—18 (1928/29). — (59) Mortensen, H., Das Umlauftal von Bodenfelde. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. 200—216 (1941). — (60) Moskvitin, A. I., Eiskeile, keilartige Spalten und ihre stratigraphische Bedeutung. Bull. soc. natural. Moscou. N. Ser. 48, Sect. geol., 18. Jahrg. 56—72, russ. (1940). Zit. nach N. Jb. Min. Geol. Pal., III, 948 (1940). — (61) Münnichsdorfer, F., Der Löß als Bodenbildung Geol. Rdsch. 17, 321—332 (1926). — (62) Mühlen, L. zur, Diluvialstudien am mittelschlesischen Gebirgsrande. Jb. Pr. Geol. Landesanst. 49, I, 580—586 (1928). — (63) Müller, Heinz, Die Haltener Talung und die südwestmünsterländische Schichtstufenlandschaft Ungedr. Diss. (1948). — (64) Oestreich, K., La genèse du paysage naturel. In: La Néerlande 18 (1938). — (65) Overbeck, Fr. u. Schneider, S., Mooruntersuchungen bei Lüneburg und bei Bremen und die Reliktnatur von Betula nana L. in Nordwestdeutschland. Ztschr. f. Bot. 33, 1—54 (1938). — (66) Passarge, S., Morphologie des Meßtischblattes Stadtremda. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 28 (1914). — (67) Paul, H. K., Morphologie und Vegetation der Kurischen Nehrung. Nov. Acta Leopoldina, N. F. 13 (1944). — (68) Penck, A., Die Eiszeit in den bayrischen Hochalpen. Sitz. Ber. Pr. Akad. Wiss. Phys. - Math. Kl. 17, 349—371 (1925). — (69) Poser, H., Dauerfrostboden und Temperaturverhältnisse während der Würm-Eiszeit im nicht vereisten Mittel- und Westeuropa. Naturwiss. 34, 10 (1947). — (70) —, Auftautiefe und Frostzerrung im Boden Mitteleuropas während der Würm-Eiszeit. Naturwiss. 34, 232—238 u. 262—267 (1947). — (71) —, Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. Erdkde. 2, 53—68 (1948). — (72) Reinke, J., Die Entwicklungsgeschichte der Dünen an der Westküste von Schleswig. Sitz. Ber. K. Pr. Akad. Wiss. 1 (1903). — (73) Richter, M., Diluvialer Gehängeschutt südlich von Bonn. Decheniana 76 A, 283—286 (1937). — (74) Romer, E., Einige Bemerkungen über fossile Dünen. Abh. k. k. Geol. Reichsanst. 48—55 (1907). — (75) Rühl, W., Frosthangschutt und Fossilführung, ein Beitrag zum sächsischen Periglaziär. N. Jb. Min. Geol. Pal. ,Beil. Bd. 78, Abt. B., 241—267 (1937). — (76) Saint Jonesco-Balea, M., Les dunes de l'Oltenie. Rev. de Géogr. 11 (1924). — (77) Soergel, W., Löße, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Jena (1919). — (78) Selzer, G., Diluviale Lößkeile und Lößkeilnetze aus der Umgebung Göttingens. Geol. Rdsch. 57 (1936). — (79) Solger, Fr., Studien über nordostdeutsche Inlanddünen. Forschg. Deutsch. Landes- u. Volkskde. 19 (1910). — (80) —, Das Dünenbuch. Stuttgart (1910). — (81) —, Lehrausflug in das Berliner Diluvium. Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. 93, 246 (1941). — (82) Schmidle, W., Diluviale Schuttablagerungen im Oberrheingebiet. Bad. Geol. Abh. 5, 1—38 (1933). — (83) Soo von Bere, R., Vergangenheit und Gegenwart der pannonischen Flora und Vegetation. Nov. Acta Leopoldina, N. F. 9, 56, Halle (1940). — (84) Steenstrup, K. J. V., Om Klitternes Vandring. Medd. fra Dansk. Geol. Foren., Kopenhagen (1894). — (85) Sokolow, N. A., Die Dünen. Berlin (1894). — (86) Stoller, J., Moorgeologische Untersuchungen im Havelländischen Luche nordwestlich von Friesack usw. Jb. Pr. Geol. Landesanst. 48, 748—764 (1927). — (87) Tesch, A., L'origine du sol des Pays-Bas. In: La Néerlande. Leiden (1938). — (88) Troll, C., Der subnivale oder periglaziale Zyklus der Denudation. Erdkde. 2, 12 (1948). — (89) Vanhouten, J., De oppervlakte vormen van het Haagsche duinlandschab. Tidschr. Koninkl. Aardrijskund. Genootschap. 56 (1939). Zit. nach Lit.-Nr. 23. — (90) Wahnschaffe, F., Der Dünenzug bei Wilhelmshagen-Woltersdorf. Jb. Pr. Geol. Landesanst. 30 (1909). — (91) —, Geologische Landschaftsformen in Norddeutschland. Stuttgart (1924). — (92) Walther, J., Das Gesetz der Wüstenbildung. Leipzig (1912). — (93) Welsch, J., Les dunes primaires de Gascogne. Compt. rend. Ac. Sc. 496—498 (1913). — (94) Werth, E. u. Klemm, K., Pollenanalytische Untersuchung einiger wichtiger Dünenprofile und submariner Torfe in Norddeutschland. Beih. z. Bot. Centralbl. 55, Abt. B., 95—158 (1936). — (95) Weißermel, W., Zur Stratigraphie und Tektonik des östlichen Teiles der subherzynen Mulde und ihrer nordöstlichen Nachbargebiete. Pr. Geol. Landesanst. N. F. 125, 1—93 (1930). — (96) Wilckens, O., Die Dünen zwischen Unterelbe und Unterweser. Centralbl. Min. Geol. Pal. 590—594 (1921). — (97) —, Altdiluviale Flugsandbildungen am Niederrhein. Geol. Rdsch. 15, 289—300 (1924). — (98) —, Niederrheinische Flugsandbildungen. Sitz.-Ber. Naturhist. Ver. Pr. Rheinlande u. Westfalens 21 (1925). — (99) —, Die Oberrheinischen Flugsande. Geol. Rdsch. 17a, 555—597 (1926). — (100) —, Die deutschen Binnendünen. In: Festschr. z. Vierhundertjahrfeier des Alten Gymnasiums zu Bremen, 462—476, Bremen (1928). — (101) Woldstedt, P., Das Eiszeitalter. Stuttgart (1929). — (102) —, Bemerkungen zu meiner geologisch-morphologischen Übersichtskarte des norddeutschen Vereisungsgebietes. Ztschr. Ges. f. Erdk. Berlin, 282—295 (1935). — (103) Wolff, W., Die Bodenbildungen Schleswig-Holsteins und ihr Verhältnis zu den geologischen Bodenarten. Jb. Pr. Geolog. Landesanst. 51, I, 169 (1930). — (104) Wunderlich, E., Zur Frage der norddeutschen und polnischen Binnendünen. Ztschr. Ges. f. Erdkde. Berlin, 477—483 (1916). — (105) —, Die Oberflächengestaltung. In: Handbuch von Polen, Berlin (1917). — (106) Braun, G., Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, 15, Berlin (1911). — (107) Briquet, A., Les dunes littorales. Ann. Géogr. 32 (1923).

Berichte.

Die erste internationale pulvermetallurgische Tagung in Graz vom 12. bis 17. Juli 1948.

Von W. Seith.

Mit der ersten pulvermetallurgischen Tagung ist eine neue Methode der Metallbearbeitung in den Gesichtskreis der Öffentlichkeit getreten, die — bisher meist nur Spezialisten bekannt — ihr Dasein im Schatten der Industrie- und Kriegsgeheimnisse fristete. Man ist gewohnt anzunehmen, daß die Herstellung der Metalle und die Formgebung der metallischen Werkstücke notwendigerweise über den Zustand der flüssigen Schmelze geht. Dies war auch allgemein der Fall, bis die Glühlampenindustrie die Verarbeitung von Metallen wie Wolfram und Molybdän verlangte, die einen so hohen Schmelzpunkt hatten, daß dieser mit den der Technik zur Verfügung stehenden Mitteln nicht mehr erreicht werden konnte. Man sah sich gezwungen, die bei der Reduktion anfallenden Metall-

pulver zu Drähten zu verarbeiten, ohne dabei den Umweg über die Schmelze zu machen. Heute geht man so vor, daß man zunächst aus dem Pulver in einer Matrize einen Stab preßt und diesen unter Schutzgas oder im Vakuum bei hoher Temperatur, aber noch beträchtlich unterhalb des Schmelzpunktes, zu einem kompakten Stück zusammensintert. Aus diesem Block werden dann nach speziellen, von der normalen Verarbeitung abgeleiteten Verfahren, Drähte gewonnen. Die Pulvermetallurgie wird heute mit Erfolg eingesetzt, wenn die folgenden Voraussetzungen vorliegen:

1. Metalle, deren Schmelzpunkt nicht erreicht werden kann, fallen bei der Reduktion als Pulver an, wie in dem angeführten Beispiel beschrieben, also z. B. Wolfram, Molybdän, Tantal, Titan, Zirkon usw.

2. Legierungen, die nicht spanlos oder spanabhebend verarbeitet werden können, weil sie zu hart oder zu spröde sind, sollen in bestimmte Formen gebracht werden. Hierher gehören in erster Linie die Sinterhartmetalle, bei denen hochschmelzende Karbide in einer Grundmasse von Kobaltpulver gesintert werden, ferner z. B. die Magnete vom Mishima-Typ aus Al-Ni-Co-Fe-Legierungen, die nicht bearbeitet werden können.

3. Es werden Legierungen gefordert, die durch Zusammenschmelzen nicht erhalten werden können. Es lassen sich durch Zusammensintern z. B. „Legierungen" aus Kupfer und Graphit oder Kupfer und Wolfram herstellen.

4. Massenherstellung kleiner, einfacher Teile. Hierher gehörte während des Krieges die Massenherstellung von Waffenteilen, vor allem die Führungsringe aus weichem Sintereisen, die an Stelle der früher üblichen Kupferringe verwendet wurden. Auch heute stellt man Gebrauchsgegenstände und Maschinenteile, wie z. B. Schlüssel, Zahnräder, ja sogar Schraubenmuttern her, bei denen man durch das Formpressen des Pulvers jede Dreh- und Fräsarbeit vermeidet. —

Die Methode des Sinterns von Metallpulvern war zwar schon früher bekannt und in Anwendung, doch hat sie sich während des Krieges — in allen Industrieländern unabhängig — so außerordentlich entwickelt, daß überall eine bedeutende Menge von Erfahrungen vorlag. Die Wiederaufnahme der internationalen Beziehungen der Industrie und Forschung, die in Österreich schon bedeutend fühlbarer ist als bei uns, ließ es wünschenswert und reizvoll erscheinen, diese Erfahrungen einmal in offener Aussprache auszutauschen. Diese erstrecken sich nicht nur auf Verfahren der technischen Fertigung, sondern ebensosehr auf wissenschaftliche Untersuchungen bis zur reinen Grundlagenforschung.

Es ist das Verdienst des Direktors des Metallwerkes Plansee in Reutte (Tirol), Dr. Kieffer, und des Vertreters der anorganischen und physikalischen Chemie der Technischen Hochschule Graz, Prof. Dr. Hüttig, die Anregung zu dem von dem Verein österreichischer Chemiker einberufenen Kongreß gegeben zu haben, auf dem Vertreter von 14 Nationen Gelegenheit hatten, ihre Arbeiten vor einem Forum von Fachleuten vorzutragen und zu diskutieren. Dabei kamen nicht nur die technischen Fragen zur Sprache, sondern gerade durch Einbeziehung von Vorträgen über die wissenschaftlichen Grundlagen, die sich natürlich auch auf zahlreiche Nachbargebiete erstreckten, hat man sich die Klärung noch offener Fragen der Pulvermetallurgie erhofft. Es sei vorweggenommen, daß natürlich keine allgemeine Bereinigung aller ungeklärten und vielleicht manchmal strittigen Punkte erreicht wurde, daß es sich aber doch gezeigt hat, daß von den Diskussionen eine große Zahl von Anregungen ausging, welche die Mühe der Einberufer und der Teilnehmer des Kongresses reich belohnt haben. Die große Zahl von Vorträgen war nach Interessengebieten in Parallelsitzungen so angeordnet, daß der Mangel, der einer solchen Teilung immer anhaftet, in erträglichen Grenzen blieb.

Im Folgenden möchte ich versuchen, einen Überblick über den gesamten behandelten Stoff zu geben, wobei ich den Inhalt der nicht selbst gehörten Vorträge z. T. aus Unterhaltungen und Berichten ergänze.

Einen breiten Raum nahm die Frage der Elementarvorgänge beim Zusammenbacken eines Pulvers ein. F. G. Hüttig, Graz, beschrieb in einem umfassenden Bericht seine Vorstellung über die mit steigender Temperatur ausgelöste Beweglichkeit der Atome, welche die Verbindung von sich berührenden Teilchen herstellt. Danach sollen bei allmählicher Erhitzung eines chemisch einheitlichen Metallpulvers die folgenden Perioden zu unterscheiden sein:

„Periode a) in dem Temperaturgebiet unterhalb $\alpha = T/T_s = 0{,}23$. Hier wird eine mit der Temperatur zunehmende Abdeckung der benachbart liegenden Oberfläche als Folge von Adhäsionskräften beobachtet.

Periode b) erstreckt sich etwa von $\alpha = 0{,}23$ bis 0,36 und besteht im wesentlichen in Aktivierungen infolge Oberflächendiffusion und einer Lockerung oder Abgabe der etwa an der Oberfläche festgehaltenen Gase.

Periode c) umfaßt die Temperaturgebiete von $\alpha = 0{,}33$ bis 0,45 und besteht in einer Desaktivierung infolge Beendigung der Molekülumgruppierung in der Oberfläche und die dadurch bedingte Stabilisierung.

Periode d) erstreckt sich etwa vom $\alpha = 0{,}37$ bis 0,53 und besteht im wesentlichen in Aktivierungen infolge der Atomumgruppierungen im Kristallinnern, die durch die hier im merklichen Ausmaße einsetzende Gitterselbstdiffusion verursacht wird und einer Ausstoßung der allenfalls im Gitter enthaltenen gasförmigen Bestandteile. Hier ist es die in merklichem Ausmaße einsetzende Gitterselbstdiffusion, welche die von der Oberflächendiffusion geschaffene Ordnung von innen heraus durchbricht und die Anordnung der Atome nach ihren eigenen Gesetzen zu gestalten beginnt.

Periode e) umfaßt das Temperaturgebiet von $\alpha = 0.48$ bis 0.8 und besteht in einer Desaktivierung infolge Gitterdiffusion, sowie einer Verkleinerung der Oberfläche infolge Sammelkristallisation.

Periode f) ist oberhalb $\alpha = 0.8$ zu setzen und besteht möglicherweise in einer Aktivierung als Vorbereitung des Schmelzens. Demnach besteht die Periode a in dem Aufbau (Desaktivierung) einer Anordnung, wie sie von den Adhäsionskräften, die Periode c wie sie von den Kräften der Oberflächenselbstdiffusion und die Periode e wie sie von den Kräften der Gitterselbstdiffusion angestrebt wird. Die dazwischenliegenden Perioden b und d bestehen in einer Zerstörung (Aktivierung, Revolution) der vorhandenen Anordnung, um Raum für eine thermodynamisch stabilere Anordnung zu gewinnen." — Diese Vorgänge geben ein modellmäßiges Bild vom Sintervorgang, wenn sie auch noch nicht alle Möglichkeiten berücksichtigen. So wurde in der Diskussion mit Recht darauf hingewiesen, daß die Oberflächen wohl im allgemeinen nicht als rein angesehen werden können, und man den Adsorptionsschichten besondere Aufmerksamkeit widmen muß.

In ähnlicher Weise erklärt auch F. Sauerwald (r)*), Halle, die Grundphänomene des Sintervorganges. Von der Deformation während des Pressens werden vor allem die Ecken und Kanten betroffen. Diese Deformation unterstützt die Adhäsion, nicht aber die Sammelkristallisation. Erstere ist vom Preßdruck abhängig, letztere nicht. Von Einfluß ist auch die Gasbeladung der Oberflächen, die nie ganz vermieden werden kann. Sie setzt die Plastizität und die Oberflächendiffusion herab. Am wenigsten störend scheint der Wasserstoff zu sein.

Nach W. E. Kingston (r), New York, beruht das Zusammenwachsen der einzelnen Partikel auf Selbstdiffusionserscheinungen, die zu Neuordnungsprozessen führen. Als Ausgangspunkte werden Keime festgestellt, welche sich an den Berührungspunkten bilden. Der Sintervorgang kann dann genau so betrachtet werden wie ein Erholungs- oder Rekristallisationsvorgang nach einer Verformung. Auch hier haben wir eine nützliche Modellvorstellung vor uns, doch zeigen weitere Vorträge, daß die Erscheinungen in Wahrheit komplizierter sind. So berichtet A. Smekal, Nieder-Roden, über Versuche an Silikat- und Plexigläsern, aus denen hervorgeht, daß ein erstes Zusammenhaften der Teilchen schon beim Pressen dadurch zustande

*) (r) Vortragender nicht anwesend. Vortrag wurde referiert.

kommt, daß härtere Teile in weichere eindringen. Die Keime für das weitere Wachstum können an Stellen gebildet werden, an denen infolge des Preßvorganges örtliche Erhitzungen auftreten, wobei unter Umständen die Grenze des festen Zustandsbereiches überschritten werden kann. Wichtig ist die Feststellung, daß bei Ritzversuchen an den besprochenen Gläsern Oberflächenenergien gefunden werden, die mit den chemischen Bindungskräften übereinstimmen, sofern es gelingt, Kerbwirkungen, welche die Festigkeit herabsetzen, auszuschließen. J. A. Hedvall, Göteborg, berichtete aus seiner reichen Erfahrung, die er auf dem Gebiete der Reaktionen im festen Zustand gesammelt hat, über deren Zusammenhänge mit der Sintermetallurgie. Besonders wies er auf die Einflüsse verschiedener Oberflächenstrukturen bei diesen Reaktionen hin. Welche Energien bei Umwandlungen von Strukturen, die keinen stabilen Zuständen entsprechen, frei werden können, sieht man z. B. am Verglimmen von pyrophorem Eisen. Alle Vorgänge, die mit einer Gitterauflockerung zu tun haben, begünstigen die Reaktionen im festen Zustand erheblich. So können Gitterumwandlungen und die magnetische Umwandlung des Eisens deutliche Unstetigkeiten der Reaktionsgeschwindigkeiten hervorrufen. Die durch Wechselfelder hervorgerufene Kohärerwirkung und die Einwirkung von Ultraschall können das Zusammenbacken von Metallpulvern begünstigen. Auf oberflächliche Adsorptionsschichten ist immer besonders zu achten. P. Schwarz von Bergkampf, Leoben, weist besonders auf die Wirkung des elektrischen Stromes hin. Nach seiner Meinung spielen beim Sintern von Metallen die Elektronen eine besondere Rolle, was daraus hervorgeht, daß Pulverpreßlinge, durch welche ein so geringer Strom geschickt wurde, daß eine Erwärmung nicht eingetreten sein soll, doch gegenüber unbehandelten Proben eine erhöhte Festigkeit aufweisen. R. Fricke (r), Stuttgart konnte in einer Reihe von Versuchen zeigen, daß der Aktivitätszustand der Oberflächen bei den Reaktionen im festen Zustand eine außerordentliche Rolle spielt. Versucht man z. B. Chrysoberyll ($BeAl_2O_4$) aus BeO und Al_2O_3 herzustellen, so hängt die Reaktionstemperatur stark von den Bedingungen ab, unter denen die Oxyde hergestellt sind. Am besten gelingt die Synthese, wenn man die beiden Hydroxyde schon gemeinsam ausfällt, so daß die Vermischung im „status nascens" geschieht. Ähnliche Erfahrungen konnten bei der Herstellung von Spinellen gemacht werden, wo unter den zuletzt genannten Bedingungen erste Anzeichen einer Verbindungsbildung schon beim Trocknen bei 60° auftreten. Bekannt ist auch die Reaktion aktiven Kupfers bei etwa 200° mit Sauerstoff. Sie findet im Laboratorium zur Gasreinigung Anwendung, während man früher, bei Verwendung von Kupferspänen, erst bei einer Temperatur von 650° mit einer quantitativen Reaktion rechnen konnte. Die Ausführungen von P. Schwarzkopf, Yonkers, knüpfen wieder an die bekannten Erscheinungen der Rekristallisation und der Erholung an. Als Elementarvorgänge beim Sinterprozeß werden die plastische Verformung beim Pressen, die Diffusion in der Oberfläche, in der Korngrenze und im Kristallgitter, ferner Verdampfung und Kondensation angenommen. Man kann sich daraus zweifellos ein anschauliches Bild des Entstehens erst punktförmiger Bindungen, die dann zeilenförmig und flächenhaft weiterwachsen, machen. Zur Erklärung des Kleinerwerdens und Verschwindens von inneren Hohlräumen werden Ansätze gemacht, die von den Gesetzmäßigkeiten der Randwinkel beim Berühren gasförmiger, flüssiger und fester Körper hergeleitet sind. Als Haupttriebkräfte der Verwachsung werden sehr mit Recht die plastische Verformung und ihre Folgeerscheinungen und die Oberflächendiffusion der Atome herausgestellt. Zu ähnlichen Überlegungen kommen auch W. Dawihl und W. Rix (r), Saarbrücken. Der Sintervorgang, bei welchem bekanntlich ein Schwinden der Proben eintritt, soll durch folgende Einzelerscheinungen zu erklären sein: die Klebetemperatur, die Kornumformung, die Korneinformung und die Gerüstbildung, die nacheinander erfolgen. Diese Anschauung hat gewisse Ähnlichkeiten mit der von Hüttig. In einem Falle findet die Benennung nach dem ursächlichen Platzwechselmechanismus statt, im zweiten Falle dagegen nach der außen beobachteten Wirkung. Die Rolle der Diffusion beim Sintern wurde von W. Seith, Münster, besprochen. Es wird vorgeschlagen, das Wort Diffusion nur für solche Platzwechselvorgänge zu gebrauchen, die den Fickschen Diffusionsgesetzen folgen, insbesondere solche, die in einem Konzentrationsgefälle erfolgen. Solche Diffusionsvorgänge spielen vor allem beim Zusammensintern von Legierungen aus einzelnen Komponenten eine Rolle. In der Technik wendet man häufig Sinterzeiten an, die nach bisher vorliegendem Material nicht zur Homogenisierung ausreichen, was dazu führt, daß die Eigenschaften der ersinterten Legierungen nicht mit denen der gegossenen übereinstimmen. Es wäre wünschenswert, die Diffusionskonstanten in Metallen mehr als bisher zu messen. Experimentelle Bestimmung der Diffusionskonstanten von Kohlenstoff in legierten Sinterstählen haben ergeben, daß Cu, Ni und Co die Diffusion nur wenig beeinträchtigen, während die Sonderkarbidbildner Cr, Si und V sie stark herabsetzen. Zur Untersuchung des Eintretens und Fortschreitens des Sintervorganges werden verschiedene Methoden benutzt. G. Ritzau (r), Berlin, schlägt bei Sinterkörpern, die eine ferromagnetische und eine paramagnetische Komponente enthalten, vor, die Messung der Koerzitivkraft zur Verfolgung des Sintervorganges zu verwenden. H. Schreiner, Graz, versucht Adsorptionsmessungen heranzuziehen, um den Frittungsvorgang und die Verminderung des Porenvolumens zu verfolgen. Nach E. Raub und W. Plate (r), Stuttgart, läßt sich das Eintreten des Kaltschweißens von Silberpulver leicht dadurch feststellen, daß man die Längenausdehnung des Probekörpers bei steigender Temperatur beobachtet. Treten bei der Sinterreaktion Mischkristalle oder intermetallische Verbindungen auf, so bildet hierfür die Messung des spezifischen Widerstandes einen empfindlichen Indikator. H.-J. Bartels, Reutte/Tirol, untersucht mit Hilfe von Längsschwingungen die elastischen Eigenschaften verschiedener Sinterwerkstoffe. Auch hier läßt sich bei Einstoffsystemen die Verfestigung und bei Mehrstoffsystemen die Mischkristallbildung durch verschiedene Effekte unterscheiden. Besonders aufschlußreich erscheint die Beobachtung der Schallgeschwindigkeit, die als eine vom Porenaufbau weitgehend unbeeinflußte Größe den Vorgang der Kornbildung besonders empfindlich erkennen läßt. D. Balarew (r), Sofia, hat das klassische Verfahren von G. Tammann wieder aufgegriffen und weiter ausgebaut, bei welchem am Stehenbleiben eines Rührers, der sich in einem Pulver bewegt, das allmählich erwärmt wird, die „Temperatur des beginnenden Platzwechsels der Atome" erkannt wird. Hauptsächlich an anorganischem Material hat er Zusammenhänge zwischen dem Zusammenbacken und den Reaktionen im festen Zustand aufgezeigt.

Im ganzen kann man sagen, daß die Diskussion über den Mechanismus des Sintervorganges ergeben hat, daß über die wichtigsten Einzelerscheinungen, wie die aktiven Zustände der Oberflächen, die Platzwechsel- und Diffusionserscheinungen zahlreiche Beobachtungen vorliegen, und daß es vielleicht nur der Untersuchung aller dieser Faktoren an einem Beispiel bedarf, um ihre Wirkungsbereiche gegeneinander abzugrenzen.

Da wir es mit Platzwechselerscheinungen zu tun haben, läßt sich vermuten, daß Eigenschaften, welche mit der Häufigkeit der Platzwechsel zusammenhängen, also z. B. durch diese hervorgerufen werden, ähnlichen Gesetzen folgen, wie die Platzwechselhäufigkeit selbst. So bestimmen K. Adlasnig und O. Foglar, Graz, die Zeiten, die bei verschiedenen Temperaturen zum Erreichen eines bestimmten Zustandes notwendig sind. Ihre reziproken Werte erfüllen eine Gleichung von der Form der Arrheniusschen Gleichung, welche die Temperaturabhängigkeit der Diffusionskonstanten wiedergibt. Bei Kupfer und Nickel werden Leitvermögen, Dichte und Zugfestigkeit als Testeigenschaften zur Festlegung des erreichten Zustandes benutzt.

Über die Herstellung der gebräuchlichen Sinterstoffe wurde nicht gesprochen. Es handelt sich hier wohl hauptsächlich um Dinge der Fabrikationspraxis, die entweder allgemein bekannt oder als Fabrikationsgeheimnisse nicht diskutierbar sind. Auf dem Gebiete der Hartmetalle wird im allgemeinen Wolframkarbid als harte Komponente verwendet. Aus patentrechtlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Gründen untersuchte man auch die Möglichkeiten der Gewinnung von wolframfreien Hartmetallen. Wie R. Kieffer, Reutte, ausführte, haben Versuche mit Nitriden, Siliziden, Boriden und Oxyden, nicht zum Erfolg geführt. Lediglich Titankarbid und noch einige andere Karbide finden mit und ohne gleichzeitige Anwesenheit von Wolframkarbid Anwendung in der Technik. R. Kieffer und F. Kölbl untersuchten deshalb die Karbide aller Metalle der 4., 5. und 6. Gruppe des periodischen Systems auf ihre Verwendbarkeit. Als Bindemittel werden stets 10% Kobalt zugesetzt, die Proben im Drucksinterverfahren hergestellt und ihre Eigenschaften systematisch untersucht. Die meisten der auf diesem Wege gewonnenen Hartmetalle sind den bereits gebräuchlichen unterlegen. Nur Mischkristalle aus Titankarbid und Molybdänkarbid oder Titankarbid und Vanadiumkarbid werden möglicherweise verwendbar sein. Auf die Vorteile des Drucksinterns und seine technische Zukunft weist Kieffer besonders hin.

M. Oswald, Paris, hat ebenfalls die Titankarbide untersucht. Er stellte fest, daß Mischkristalle aus Titankarbid mit Titanoxyd und Titannitrid beim Sintern zu Blasenbildung Anlaß geben können. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Wolframkarbid können diese Fehler vermieden werden. In dem Dreistoffsystem Kohlenstoff-Titan-Wolfram besteht möglicherweise eine ternäre Ordnungsphase Ti_3WC_4.

Der Untersuchung der Zustandsdiagramme der Systeme, welche in den Sinterkörpern auftreten, wurde ebenfalls großes Interesse entgegengebracht. R. Kieffer erwähnte in seinem Vortrag die gemeinsam mit H. Nowotny ausgeführten Untersuchungen über die binären Systeme der Karbide von Ti, Cr, Hf, V, Nb und Ta. Die meisten von ihnen bilden eine ununterbrochene Reihe von Mischkristallen. Lediglich bei dem System ZrC-VC ist die Mischbarkeit begrenzt. Von den Systemen mit Hafnium ist nur HfC, TaC und HfC-ZrC untersucht. Die Kristallgitter aller dieser Karbide gehören dem gleichen Typ an. Bei den Versuchen, die genannten Karbide mit WC und Mo_2C zu kombinieren, ergab sich, daß diese stets eine beträchtliche Menge WC oder Mo_2C zu lösen vermögen, dagegen ist ihre Löslichkeit in den letzteren praktisch Null. Eine Ausnahme bildet das System WC-TiC, in welchem WC 20% TiC zu lösen vermag. Mit dem zuletzt genannten System beschäftigte sich auch A. G. Metcalfe, Cambridge. Er stellt fest, daß die Eigenschaften der Titankarbid enthaltenden Hartmetalle wesentlich von der Reinheit des Titankarbids abhängen. Das System W, Co, C, wurde bei 1350° von L. D. Brownlee, Manchester, untersucht. Das Diagramm zeigt ein großes Feld, in welchem Schmelze auftritt und ein großes Dreiphasengebiet WC-C-Schmelze. Auch in der besonders interessierenden W-Ecke tritt eine ganze Anzahl von Phasenfeldern auf, die singuläre η-Phase wird mit der normalen Struktur des Karbids in Beziehung gebracht. Da die Brauchbarkeit der Hartmetalle, welche Wolframkarbid und Titankarbid enthalten, sehr stark von der Zusammensetzung dieser Karbide abhängt, werden neben den üblichen mikroskopischen Untersuchungen eine Reihe von physikalischen Methoden herangezogen. Es kommen hier in erster Linie Röntgenstrukturaufnahmen und magnetische Messungen in Betracht. Wolfram-Karbid-Hartmetalle sollen WC enthalten, es treten jedoch unter Umständen daneben W_2C und W_3Co_3C auf. W_2C und WC lassen sich, wie H. Krainer, Kapfenberg, berichtet, leicht nebeneinander feststellen. Liegt dazu noch eine Gesamtkohlenstoffbestimmung vor, so kann man auch das gelegentliche Auftreten von WC, W_2C und Graphit nebeneinander mit ausreichender Genauigkeit nachweisen. Auch das Doppelkarbid Co_3W_3C läßt sich röntgenographisch nachweisen. Bequemer ist in diesem Falle jedoch die magnetische Methode. Durch das Auftreten des Doppelkarbids wird die magnetische Sättigung verringert, da dabei ferromagnetisches Kobalt verschwindet. Der ebenfalls sehr wesentliche C-Gehalt des Titankarbids kann aus der Gitterkonstanten, die sich mit dem Kohlenstoffgehalt verändert, bestimmt werden.

Einen Überblick über die Fehler von gesinterten Hartmetallen, welche auf Löcher, Einschlüsse, verschiedenes Schrumpfen, Oxyde und Doppelkarbidbildung infolge Kohlenstoffmangel zurückzuführen sind, gab A. E. Oliver, Coventry.

H. Burden, Sheffield, zeigte an einer Reihe schöner Bilder, wie sich an Sinterproben, die WC, TiC und Co enthalten, die einzelnen Phasen im Schliff durch Anlassen sichtbar machen lassen.

F. Bensovsky und R. Kieffer, Reutte, stellen auf dem Wege des Sinterns Stähle mit wechselndem Gehalt an Mangan und Kohlenstoff her. Es zeigt sich dabei, daß es möglich ist, alle Typen untereutektischer, eutektischer und übereutektischer Gefüge wie aus der Schmelze zu erhalten. Auch Chromstähle lassen sich herstellen, wobei ein gleichzeitiger Mn-Gehalt sich als nützlich erweist. Diese Stähle kann man auch in üblicher Weise vergüten. Sintert man sie so, daß sie porös bleiben und tränkt sie dann mit Kupfer, so gelangt man zu Körpern mit neuartigen, technisch interessanten Eigenschaften, in denen sich bedeutende Härte mit gutem Leitvermögen kombinieren. Um Oxydation beim Sintern zu vermeiden, werden die Proben mit indifferenten Pulvern bedeckt, denen Pulver leicht oxydierbarer Legierungen zugesetzt sind.

In den letzten Jahren hat man durch sintertechnische Herstellung von Fertigformteilen für den Maschinen-, Geräte- und Fahrzeugbau aus Sintereisen und Sinterstahl versucht, die zeitraubende und teuere spanabhebende Bearbeitung bei der Fabrikation von Massenartikeln einzusparen. Das Aufformpressen von „Parts" hat für jene industrialisierten Länder großes Interesse, welche einen großen Bedarf an derartigen Massenartikeln haben. Die Ausführungen von A. Langhammer (r), Detroit und F. V. Lenel (r), New York, über den heutigen Stand dieser Technik in den Vereinigten Staaten brachten zahlreiche Einzelheiten und sehr schöne Beispiele über die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Eisenpulvermetallurgie.

Wie zahlreich und umfangreich die Untersuchungen auf dem Gebiete des Pressens von Metallpulvern in theoretischer und praktischer Richtung sind, haben die Ausführungen von R. P. Seelig (r), Yonkers, bewiesen. Gleichlaufend mit der Entwicklung der Preßtechnik gehen auch die Bemühungen der Pulvermetallurgen, werkstoffmäßig den Anforderungen der Abnehmer nachzukommen. Um zu Werkstoffen mit besonders hohen Festigkeiten und Dehnungen auf dem Sinterwege zu gelangen, geht man oftmals ganz neue Wege, wie der Vortrag von G. Stern (r), Yonkers, über die Herstellung von Sinterstählen mit hohen Kupferzusätzen zeigt.

Das Sintern von Leichtmetallen war lange ein umstrittenes Gebiet. Es erscheint jedoch heute durchaus möglich, Leichtmetallpulver zu sintern, doch bietet das Verfahren hier, wo die normale Verarbeitung ohne Schwierigkeiten möglich ist, keine wirtschaftlichen Vorteile. E. Nachtigall, Reutte, beschreibt Versuche, destilliertes, hochreines Magnesium zu sintern. Es ist dies durchaus gelungen. Interessanter ist jedoch die Herstellung von Verbundkörpern aus Leichtmetallen und Oxyden oder Graphit. Aluminium-Graphit-Legierungen kommen z. B. als Gleitkontakte in Frage. Stellt man Legierungen von Aluminium mit Eisen, Mangan, Silizium und Kupfer durch Zusammensintern der Pulver her, so erhält man häufig Gefügebilder, welche von denen der erschmolzenen Legierungen erheblich abweichen. Die Herstellung von Verbundmetallen aus Eisen und Magnesium oder Eisen und Kalzium ist nicht ganz einfach, wie aus den Untersuchungen von R. Müller, K. Nitsche, H. Stürzer und H. Zahabi, Graz, hervorgeht. Besonders die Entfernung der Oxydhäute macht Schwierigkeiten und gelingt nur durch längeres Durchwirbeln unter Benzol.

Sonderbarerweise sind die im Vakuum gesinterten Proben dann gegen Oxydation gar nicht so empfindlich, wie man annehmen möchte. Eisen-Magnesium-Legierungen mit 50% Magnesium können jahrelang unter Korkverschluß aufbewahrt werden, ohne sich zu verändern. Eisen-Kalzium-Legierungen mit 33% Kalzium zeigen in Wasser keine Wasserstoffentwicklung.

M. Hauser und F. Held, Zürich, beschreiten ganz neue Wege, indem sie die bei der Keramik übliche Formgebung durch Verwendung eines plastischen Materials auf die Sintermetallurgie übertragen. In der Keramik wird hierzu meist der Kaolinit, $Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$, verwendet. Hauser und Held mischen diesem bis zu 90% Silizium zu und erhalten ein plastisch formbares Material, aus dem sich säurefeste Gefäße sintern lassen, die vor den üblichen keramischen Erzeugnissen den Vorteil hoher Wärmeleitfähigkeit haben. Aus Gemischen mit 65% Si lassen sich Gefäße mit 100 l Inhalt noch frei formen, die gesintert eine zehnmal so große Wärmeleitfähigkeit besitzen, wie Porzellan. Versuche, in gleicher Weise Metallpulver, vornehmlich Eisen einzuführen, schlugen zunächst fehl, da die Massen beim Erwärmen Wasserdampf entwickeln, der die Metalle oxydiert und gleichzeitig das Eindiffundieren von Wasserstoff, den man zur Reduktion zugibt, in die Poren verhindert. Man muß die Temperatur, bei der der Wasserdampf entweicht, so lange konstant halten, bis dieser vollständig weggegangen ist und kann dann erst zur Reduktion der entstandenen Oxyde auf höhere Temperaturen gehen. Da ohnehin Oxyd entsteht, kann man ebensogut wie von Metallen, auch von Oxyden ausgehen. Man erhält auf diese Weise Werkstoffe, deren Eigenschaften zwischen denen der Metalle und denen der keramischen Stoffe liegen. Das Verfahren hat überdies den Vorteil, daß man keine Metallpulver benötigt, sondern Oxyde oder Erze verwenden und auch Pressen und Matrizen sparen kann.

E. Meyer-Hartwig, Terlano, kommt zu ähnlichen Körpern durch das Reaktionssintern, bei welchem er Oxyde mit Aluminium zusammensintert. Seine Produkte, die er Kapillarhalbleiter nennt, haben in der Tat interessante elektrische Eigenschaften. Sie lassen sich so herstellen, daß sie bei Raumtemperatur passend hohe Widerstände und bei hoher Temperatur, die sie beim Stromdurchfluß erreichen, niedrige Widerstände haben, daß man sie dazu verwenden kann, die beim Einschalten auftretenden Einschaltstöße aufzufangen. Sie lassen sich als Anlasser ebenso wie als Heizkörper verwenden.

Eine wichtige Rolle spielt das Sintern bei einer Reihe von Metallen, die nur auf diesem Wege gewonnen und geformt werden können. Es sind dies hauptsächlich Th, Nb, Ta, Mo und W. Die Metalle Ti, Zr, Hf und V waren jedoch, wie J. D. Fast, Eindhoven, ausführte, zunächst nur dadurch rein in Stabform zu gewinnen, daß man sie in die Jodide überführte, und diese an einem glühenden Draht zersetzte. Das unterschiedliche Verhalten im Vergleich zu den zuerst Genannten hat seinen Grund in der Fähigkeit der Metalle Ti, Zr, Hf und V, große Mengen von Sauerstoff zu lösen. Bei Zr und Ti sind dies z. B. über 30 At%. Der Sauerstoff, ebenso wie der gleich schädliche Stickstoff, bleiben bei dem Jodidverfahren zurück. Erwähnenswert ist, daß es während des Krieges in den USA. gelungen ist, Molybdänstäbe im Lichtbogen abzuschmelzen und die Schmelze in Kokillen zu großen Gußstücken zu sammeln. Hochreines Zirkon, das aus $ZrCl_4$ mit Magnesium als Reduktionsmittel gewonnen wird, läßt sich ebenfalls schmelzen und zu duktilen Stücken gießen. Dabei nimmt das Zirkon aus dem Graphittiegel nur 0,15% C auf. Titan läßt sich auf gleichem Wege nicht bearbeiten, da es zuviel (0,8%) Kohlenstoff aufnimmt. Ti-Pulver, das aus $TiCl_4$ mit Mg reduziert wurde, läßt sich jedoch durch Sintern zu duktilen Stücken formen.

Zerstörungsfreie Röntgen-Feinstrukturuntersuchungen werden, wie aus den vorangehenden Ausführungen ersichtlich, bei der Erforschung der Sintervorgänge häufig angewendet. Eine Zusammenstellung der experimentellen Möglichkeiten, gab F. Regler, Wien. Er wies unter anderem darauf hin, daß bei Präzisionsmessungen von Gitterkonstanten, wie sie zur Bestimmung der Konzentration von Mischkristallen und der thermischen Ausdehnung notwendig sind, die endliche Größe der Fokusblende mit berücksichtigt werden muß, indem man alle Messungen auf einen Glanzwinkel von 90° extrapoliert. Ferner treten oft Schwierigkeiten auf, weil bei Sinterkörpern nur wenige Kristalle von dem Röntgenstrahl getroffen werden. Diese können zu Linienvervielfachung und Intensitätsverschiebungen führen. Durch Parallelverschiebung der Proben, während der Aufnahme, kann man diese Fehler vermeiden. Besonders wichtig ist auch die röntgenographische Bestimmung der Kristallgröße. Man findet dabei unter Umständen, daß Körner, die nach der Ätzung optisch einheitlich erscheinen, doch noch aus mehreren einzelnen Kristallen zusammengesetzt sind.

Karbide werden im Laboratorium in Kohlerohröfen hergestellt und untersucht. Da hierbei die Wahl der Versuchsbedingungen durch die Anwesenheit kohlenstoffübertragender Gase weitgehend eingeschränkt ist, zieht F. Skaupy, (r) Berlin, mit Erfolg die direkte Erhitzung stabförmiger Proben durch den durchgeschickten Strom vor. Als Schutzgas, das keinen Kohlenstoff überträgt, also eine Auf- oder Entkohlung der Proben verhindert, wird Quecksilberdampf benutzt.

Über die Eindringhärte metallischer Fest- und Lockerkörper, sprach R. Mitsche, Leoben, und über die Änderung des Meyer exponenten beim Pressen und Sintern von Metallpulvern E. M. Onitsch, Leoben. Besondere Vorteile für die Untersuchung des Sintervorganges, vor allem z. B. der Mischkristallbildung, bieten Mikrohärtemessungen, über deren Anwendungsmöglichkeiten H. Bückle, Paris, berichtet. Bei dem Mikrohärtemesser von Hanemann ist vor allem die Sicherheit, mit der eine bestimmte Stelle getroffen wird, hervorzuheben. Sie liegt in der Größenordnung von 1 μ. Es ist zu beachten, daß das Kicksche Ähnlichkeitsgesetz der Eindrücke nicht gilt. Die gemessene Mikrohärte nimmt mit abnehmender Last zu. Trotzdem können die Messungen zum Vergleich der Härte von einzelnen Kristallen im Schliffbild zum Nachweis von Seigerungen und Entkohlung, und zum Nachweis der Mischkristallbildung durch Diffusion noch in Schichten von 1/100 mm und zur Bestimmung der Diffusionskonstanten herangezogen werden.

Das Verhalten sich berührender Kristalle beim Erwärmen haben L. und A. Kofler, Innsbruck, an organischen Substanzen unter dem heizbaren Mikroskop verfolgt. Die Ergebnisse lassen sich, wie an einigen Beispielen erläutert wird, weitgehend auf die Pulvermetallurgie übertragen. Berühren sich zwei Kristalle verschiedener Stoffe, so läßt sich das Entstehen aller Phasen des binären Systems beobachten. Das Erstarren einer eutektischen Schmelze unter Bildung der dem festen Eutektikum eigenen Struktur erfolgt nur, wenn keine Unterkühlung eintritt. Bei einer Unterkühlung können sich die Kristallisationsgeschwindigkeiten der beiden Partner in verschiedener Weise ändern. Dadurch treten neben dem Eutektikum Primärkristalle auf, oder aber die eutektische Struktur, deren Entstehen an gleiche Kristallisationsgeschwindigkeit gebunden ist, erscheint bei einer von der üblichen abweichenden Konzentration. Man nennt die Erscheinung quasi-eutektische Synkristallisation.

Bei der Diffusion von Metallen in Eisen beobachtet man in der Diffusionszone unter Umständen die Ausbildung von Stengelkristallen, deren Längsachse in der Richtung des Konzentrationsgradienten liegt. F. Halla, und E. Fitzer Wien, haben die Erscheinung an der Diffusion von W und Mo aus Na_2WO_3- und Na_2MO_3-Schmelze in Eisen untersucht. Bei der Versuchstemperatur ist bei niedrigen Konzentrationen die α-, bei höheren die γ-Phase des Eisens stabil. Nach Halla geht der Entstehung der Stengelkristalle die Bildung einer Diffusionsschicht übersättigter α-Kristalle voraus. Diffusionsschichten, die nach diesen Verfahren hergestellt sind, werden von M. Niessner, Wien, aufgekohlt, mit der Absicht, eine Härtesteigerung durch Karbidbildung zu erzielen. Je nachdem ob α-, γ- oder heterogenes Gefüge vorliegt, entstehen verschiedene Karbide, die durch Anätzen der Mikrohärtemessung identifiziert werden. Die Fe-W-Le-

gierungen aus dem heterogenen Gebiet zeigen die größte Kohlenstoffaufnahme. Hier, wie im γ-Gebiet entstehen Doppelkarbide. Im α-Gebiet erfolgt die Reaktion des zunächst entstehenden Fe_3C mit dem Fe-W-Mischkristall nur sehr langsam. In beiden Fällen (Mo und W) werden bedeutende Härtesteigerungen erzielt.

Die Ausführungen von F. Regler, Wien, über Korrosionsprobleme in der Pulvermetallurgie schließen insofern wieder an die Vorträge von Hüttig, Sauerwald und Dawihl an, als die gleichen Erscheinungen an den Korngrenzen, welche die Reaktion zwischen den Körnern fördern, auch Korrosionsreaktionen beeinflussen.

Die Herstellung, die Untersuchungsmethoden und die Eigenschaften verschiedener Metalle und Legierungspulver nahm ebenfalls einen breiten Raum in den Verhandlungen ein. Während man früher zur Gewinnung von Eisenpulver vornehmlich Weicheisen als Ausgangsprodukt verwendete, schlägt G. Naeser (r), Duisburg, ein neues Verfahren vor, bei welchem eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung in oxydierender Atmosphäre zerstäubt und in Wasser abgeschreckt wird. Durch geeignete Wahl der C-Konzentration des Ausgangsstoffes und der Versuchsbedingungen gelingt es, ein Pulver solcher Zusammensetzung zu erzeugen, daß aus diesem bei anschließendem Glühen bei 950°, ein unmittelbar verpreßbares Pulver entsteht. Bei dem Glühprozeß wirkt das entstehende Gasgemisch als Schutzgas. Die einzelnen Pulverteilchen sind Hohlkugeln oder Schalen, die sich aus einer Innenschicht aus Weicheisen und einer Außenschicht aus Schwammeisen aufbauen, welch letzteres durch die Reduktion des Eisenzunders entstanden ist. Dieser Aufbau gibt dem Pulver besonders gute Preß- und Sintereigenschaften. Mit ähnlichen Problemen haben sich auch F. Rapatz und F. Schmidt, Breitenfeld, befaßt. Sie berichten über die Eigenschaften von Eisenpulvern, die nach dem DPG-Schleuderverfahren hergestellt sind, bei welchem ein Strahl des flüssigen Metalls durch einen konischen Wasserstrahl abgeschreckt und durch ein rasch rotierendes Schlagwerk unter Wasser pulverisiert wird. Ausgehend von verschiedenen Kohlenstoffgehalten lassen sich auch hier durch Glühung bei 1000° Pulver mit verschiedenem Kohlenstoffgehalt erzielen. Besonders beim Schmelzen des Gutes im basischen Lichtbogenofen lassen sich sehr reine Pulversorten herstellen, die sich im Reinheitsgrad bereits den Elektrolyt- und Karbonyleisenpulvern nähern. Nach dem gleichen Verfahren lassen sich auch Pulver von Nickel-, Chrom- und Siliziumstählen, ebenso wie Kupfer, Messing, Aluminium, Zink und Antimon herstellen. H. Timmerbeil, Mülheim-Ruhr, bespricht die Weiterentwicklung des DPG-Schleuderverfahrens zur Herstellung von Eisenpulvern mit besseren Preß- und Sintereigenschaften. Auch er geht von einem Stahl mit über 1% Kohlenstoff aus. Wichtig ist, daß das Pulverkorn durch das Rührwerk zerspratzt wird, wenn es eine Temperatur hat, die zwischen der Liquidus- und Soliduslinie liegt. Man erhält auf diese Weise ein stark aufgerauhtes Korn, das auch bei dem anschließenden Frischprozeß, der ebenfalls ohne besonderes Schutzgas durchgeführt wurde, erhalten bleibt.

Die elektrolytische Herstellung von Metallpulvern dadurch, daß man pulverförmige oder leicht pulverisierbare Abscheidungen hervorruft, ist schon häufig Gegenstand von Untersuchungen gewesen. R. Müller und H. Krainer, Graz, haben nun versucht, dieses Verfahren mit einer gleichzeitigen Abscheidung von mehreren Metallen zu koppeln, um so Pulver von Legierungen zu gewinnen, welche durch Schmelzen nicht herzustellen sind. Es ist bisher gelungen, Legierungen von Kupfer und Kadmium, Kupfer und Blei und die Dreistofflegierung Kupfer-Kadmium-Blei als dichte Überzüge abzuscheiden. In die Lösungen werden dazu Bleche aus dem Material der Legierungskomponenten als Anoden eingetaucht, und dann der Stromdurchgang über getrennte Kreise so geregelt, daß Legierungen der gewünschten Zusammensetzung entstehen. Da diese Legierungen große Neigung zeigen, sich porös oder pulverförmig abzuscheiden, vermuten die Verfasser, daß es keine großen Schwierigkeiten machen wird, das Verfahren so zu variieren, daß für die Pulvermetallurgie brauchbare Legierungspulver gewonnen werden können. Einen anderen Weg beschreitet E. Pelzel, Linz. Zur Herstellung von Pulvern von Legierungen aus Kupfer mit Aluminium, Magnesium oder Zink, geht er von einer spröden, leicht pulverisierbaren γ-Phase der Systeme aus und bringt diese Pulver in eine wässerige Kupfersulfatlösung. Durch Zementation umgibt sich nun jedes Pulverkorn mit einer Kupferschicht, welche die weitere Reaktion bei einer bestimmten Dicke zum Stillstand bringt. Durch geeignete Wahl der Korngröße hat man dadurch die Zusammensetzung des entstehenden Pulvers in der Hand. Bei Pulvern unterhalb 0,06 mm erhält man reines Kupferpulver. Für Kupfer-Magnesium-Legierungen, deren Magnesiumgehalt unter 2% liegen muß, muß man Korngrößen von 0,1 mm anwenden. Zwei Arbeiten von F. Skaupy, (r) Berlin, beschäftigen sich mit dem Mahlvorgang. Während Kugelmühlen erst von einer gewissen Größe an wirksam arbeiten, da die Fallhöhe der Kugeln eine Rolle spielt, kann man bei Schwingmühlen auch kleine Mahlgefäße benutzen. Skaupy erhält mit Gefäßen von 30 bis 50 cm^3 Inhalt die gleichen Mahlresultate wie mit großen Mühlen. In einer zweiten Versuchsreihe wurde Eisenpulver in einer Laborschwingmühle „Vibratom", unter sonst gleichen Bedingungen, unter Benutzung verschiedener Mahlflüssigkeiten gemahlen. Als Vergleichsmaß wurden die Oberflächen des erzielten Mahlgutes — in willkürlichen Einheiten — angegeben. An der Spitze stehen Isoamylalkohol und *n*-Decylalkohol mit über 270, dann folgen Methanol, Glykol, Wasser mit 55—23 willkürlichen Einheiten. Die Trockenmahlung führt zu 13 Einheiten, während Benzol, Anilin und Paraffinöl nur 12—6 Einheiten der Oberflächengröße erreichen lassen. Bei dem letzten macht sich die hohe Viscosität deutlich ungünstig bemerkbar. Die Reibung der Teilchen und die Grenzflächenenergie Mahlgut/Flüssigkeit, ebenso wie das Dipolmoment scheinen das Ergebnis weitgehend zu beeinflussen.

Bei einem Vergleich zwischen Pulvermetallurgie und Keramik findet K. Konopicky, Radenthein, weitgehende Parallelität. In beiden Fällen folgt die Kornverteilung gemahlener Pulver dem Rosin-Rammlerschen Gesetz, während aus Lösung oder durch Kondensation entstandene Pulver eine Gausssche Verteilung der Korngrößen aufweisen.

Besonders bei Eisenpulvern ist es wichtig, den Sauerstoffgehalt zu kennen. Da die bislang angewandten Verfahren zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes für Serienanalysen an Pulvern wenig geeignet waren, hat G. Naeser (r), Duisburg, eine neue Methode entwickelt, bei der der Sauerstoff den Oxyden durch den Kohlenstoff entzogen und als CO_2 volumetrisch gemessen wird. Die benutzte Apparatur ist nach dem Vorbild des bekannten Apparates von Viktor Meyer zur Bestimmung der Dampfdichte konstruiert. Ein senkrecht stehendes feuerfestes Rohr wird in einem Silitstabofen auf 1300° erhitzt. Darin befindet sich ein Kohletiegel. Nachdem die Apparatur mit Stickstoff gefüllt ist, kann man nacheinander durch einen besonderen Schliffverschluß die Proben einführen. Jeweils nach 10 min kann man an der mit der Apparatur verbundenen Bürette den Sauerstoffgehalt ablesen.

Die Anwendung des Elektronenmikroskopes zur Untersuchung von Metallpulvern veranschaulichte R. Bernard, Lyon, an einer Reihe von Aufnahmen. Er konnte z. B. feststellen, daß zwei Metallpulver, die sich beim Sintern verschieden verhielten, obwohl sie im optischen Mikroskop nicht zu unterscheiden waren, im Elektronenmikroskop verschiedene Bilder gaben.

Schon früher wurden magnetische Messungen erwähnt, die zur Beobachtung des Sintervorganges neben anderen Methoden herangezogen wurden. Eine Reihe von Arbeiten beschäftigte sich auch ausschließlich mit den magnetischen Eigenschaften der Sinterkörper.

R. Steinitz, Yonkers, stellt fest, daß bei niedrigen Sintertemperaturen (1150°) und kurzen Sinterzeiten (1h) die Permeabilität von Eisenkörpern aus Pulvern verschiedener Herkunft gleich ist. Bei hohen Tem-

peraturen (1350°) und langen Zeiten (24h) ist dies nicht mehr der Fall, da sich die Form der Poren in verschiedener Weise verändert. Den Einfluß der Poren auf die Koerzitivkraft im Bereich schwacher Felder und bei der Einmündung in die Sättigung berechnet L. Néel (r), Grenoble, für den Fall kleiner Poren, für regellose und anisotrope Verteilung. Die Berechnungen sind recht kompliziert. Sie führen zu Gesetzmäßigkeiten, die sich durch zahlreiche Experimente bestätigen lassen. Nach den Theorien von Néel haben Pulver aus kleinen Teilchen, die je nur aus einem einzigen Weißschen Bezirk bestehen, eine besonders große Koerzitivkraft. Diese setzt sich aus der Formanisotropie und der Kristallenergie zusammen. Bei Stoffen, deren Kristallenergie richtungsunabhängig ist, ist die mittlere Formanisotropie der Körper alleinige Ursache der Koerzitivkraft. Für runde Körner dagegen ist die Kristallenergie alleinige Ursache. L. Weil, Grenoble, bestimmte die magnetischen Eigenschaften von ultrafeinen Pulvern. Bei Eisenpulver z. B. wäre als Beitrag der Formanisotropie eine Koerzitivkraft von 1400 Oerstedt und als Beitrag der magnetischen Anisotropie 160 Oerstedt zu erwarten. Gefunden wurden 1000 Oerstedt. Eine Fe-Co-Legierung ergab 1200 Oerstedt.

Bei Preßlingen wurde die Abhängigkeit der Koerzitivkraft vom Preßdruck bei verschiedenen Temperaturen bei Eisen, Nickel und Kobalt verfolgt. Wählt man als Abzisse den Wert: $\frac{d_o - d}{d_o}$, wo d_o die Dichte des kompakten Materials, d die des Preßlings ist, so erhält man für Eisen einen linearen Abfall der Koerzitivkraft mit steigendem Preßdruck. Bei der untersuchten Nickelprobe ist der Effekt nicht mehr linear und besonders bei kleinen Preßdrucken klein, da anscheinend die Poren klein sind und sich erst bei größerem Druck verringern. Bei einem durch Reduktion von $Co(OH)_3$ hergestellten, hexagonalen Kobaltpulver, war die Koerzitivkraft endlich vom angewendeten Preßdruck ganz unabhängig. Beim Sintern wird der Wert der Koerzitivkraft verringert, da die Körner sich abrunden und ihr mittlerer Durchmesser größer wird. Durch Verändern des Preßdruckes und der Sinterbedingungen kann man die Koerzitikraft und auch die Remanenz in weiten Grenzen variieren und so aus ein und demselben ferromagnetischen Pulver Magnete mit sehr verschiedenen Eigenschaften willkürlich herstellen.

Im Verlaufe der Tagung haben sich die Landesregierung von Steiermark und die Stadt Graz durch wohlgelungene Veranstaltungen um das Wohl der Tagungsteilnehmer bemüht.

In einer akademischen Feier wurden die Herren F. Fattinger, Stübing, I. A. Hedvall, Göteborg, W. D. Jones, London, L. Néel, Grenoble, A. Joffé, Moskau und P. Schwarzkopf, Yonkers auf Grund ihrer Verdienste um die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der Pulvermetallurgie zu Ehrendoktoren der T. H. Graz promoviert.

Anschließend an die Tagung fand eine Werkbesichtigung des Metallwerkes Plansee in Reutte/Tirol statt, bei der den Teilnehmern ein umfassendes Bild von dem heutigen Stand der Technik der pulvermetallurgischen Fertigung gegeben wurde.

Eingegangen am 6. November 1948.

Kurze Originalmitteilungen.

Ähnlichkeitsverhalten von Gasentladungen mit Fremdionisierung.

Die Theorie der Gleichgewichtsentladung (Townsend, Paschen, Seeliger, Rogowski) macht die phänomenologischen Größen Strom und Spannung einschließlich der Zündwerte abhängig von den thermodynamischen Zustandsvariabeln Dichte δ, Temperatur T und Entladungsvolumen V, die sich beim ebenen Problem im isothermen Fall auf Gasdruck p und Elektrodenabstand L reduzieren. Sind ausschließlich ähnlichkeitstreue atomare Elementarprozesse im Spiel, so ist für das Ähnlichkeitsverhalten die Zahl der mittleren freien Weglängen λ zwischen den Elektroden $\frac{L}{\lambda} \sim p \cdot L$ kennzeichnend und es wird eine zweifach unendliche Mannigfaltigkeit von Entladungen unterschieden. Für die Zündstromstärke ergibt sich bei Townsend der Wert Unendlich, in der Rogowskischen Gleichgewichtstheorie der Glimmentladung der Wert Null, die Seeligersche Stationaritätsforderung ist mit jedem Wert des Zündstromes verträglich. Alle genannten Theorien liefern bei gegebenem $\frac{L}{\lambda}$ einen endlichen Wert U_0 für die Zündspannung und nur einen Wert. Wählt man als weitere Variable den durch eine dritte Ionisierung (Fremdionisierung) grundsätzlich stets ins Spiel tretenden Fremdstrom, so ergeben sich endliche Werte für die Zündstromstärke und im einzelnen für die Zündspannung U_z und die Zündstromstärke J_z die bekannten Wurzelgesetze[1]), deren experimentelle Bestätigung jedoch die Frage der positiven Ionisierung (Rückwirkung) ungeklärt läßt. Die Entladung des Thyratrons und des Bogens kann als eine Art Glimmentladung mit gekoppelter dritter Ionisierung formal hier eingeordnet werden.

Angenommen sei im isothermen Fall beim ebenen Problem eine einfach unendliche Mannigfaltigkeit ähnlicher Entladungen, mit einer bestimmten Zahl $\frac{L}{\lambda}$ von freien Weglängen zwischen den Elektroden. Dabei kann allgemein eine Bedingung vorgegeben werden, welche die Fremdionisierung mit der Entladung verknüpft. Im Hinblick auf die Frage nach der Rückwirkung sind zwei Sonderfälle von Interesse:

a) die Fremdstromdichte ist für vorgegebenes festes $\frac{L}{\lambda}$ konstant; das heißt für zwei herausgegriffene Entladungen (1) und (2) gilt $i_{F_1} = i_{F_2}$;

b) die Fremdstromdichte ändert sich ähnlichkeitstreu, das heißt für zwei ähnliche Entladungen (1) und (2) gilt $i_{F_1} : i_{F_2} = p_1^2 : p_2^2$.

Für eine Anwendung auf die Zündung der Gasentladung soll angenommen sein, daß die Wurzelgesetze gelten und nur ähnlichkeitstreue Elementarprozesse ins Spiel treten. Dann ergibt sich für zwei ähnliche Entladungen allgemein, wenn mit ΔU die Zündspannungssenkung bezeichnet wird:

$$\frac{\Delta U_1}{U_0} = f(p_1\,;\,L_1)\sqrt{i_{F_1}}\,,\quad \frac{\Delta U_2}{U_0} = f(p_2\,;\,L_2)\sqrt{i_{F_2}}\,,$$

und speziell im Fall a) $\frac{\Delta U_1}{f(p_1\,;\,L_1)} = \frac{\Delta U_2}{f(p_2\,;\,L_2)}$.

Die Funktion $\frac{\Delta U}{f(p\,;\,L)}$ muß somit entweder überhaupt von den Zustandsvariabeln unabhängig sein oder sie kann, wenn abhängig, nur vom Produkt aus p und L bzw. dem Quotienten $\frac{L}{\lambda}$ abhängen, das heißt es folgt im Fall a) für nunmehr beliebige Entladungen die Beziehung:

$$\frac{\Delta U}{f(p\,;\,L)} = \chi(p \cdot L),$$

was auch sogleich aus der Wurzelbeziehung abzulesen ist. Um zu einer Aussage über die Funktion $f(p\,;\,L)$ und damit die Rückwirkung zu gelangen, ist noch eine weitere Gleichung erforderlich.

Im Fall b) ergibt sich sofort für zwei ähnliche Entladungen: $p_1 \cdot f(p_1\,;\,L_1) = p_2 \cdot f(p_2\,;\,L_2)$.

Es folgt, daß die Funktion $p \cdot f(p\,;L)$ entweder überhaupt von den Zustandsvariabeln unabhängig ist oder, wenn abhängig, daß sie nur vom Produkt aus p und L bzw. von $\frac{L}{\lambda}$ abhängig sein kann; das heißt es gelten für nunmehr beliebige Entladungen die Ähnlichkeitsbeziehungen

$$p \cdot f(p\,;L) = \varphi(p \cdot L)$$

oder gleichbedeutend

$$f(p\,;L) = L \cdot \psi(p \cdot L).$$

Hier ergibt sich ohne weitere Bedingungen die Möglichkeit zu Rückschlüssen auf die Rückwirkung[2]). Versuche in Wasserstoff liefern im Bereich des Townsendaufbaus, auf den sich die Betrachtung beschränkt:

p [Torr]	L [cm]	$i_F \cdot 10^{10} \left[\frac{A}{cm^2}\right]$	$p \cdot f \cdot 10^{-3}$
451	0,08	9	121,17
115	0,314	0,585	39,79
35	1,05	0,054	10,50

woraus man auf einen Einfluß nichtähnlichkeitstreuer atomistischer Elementarprozesse schließt.

Aachen, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule. W. Fucks.

Eingegangen am 18. Oktober 1948.

[1]) Fucks, W., ZS. f. Phys. **92**, 467, (1934); Rogowski, W. und Fucks, W., Arch. f. Elektrotechn. **29**, 362 (1935).
[2]) Fucks, W. und Kettel, F., ZS. f. Phys. **116**, 657 (1940).

Zur Entstehung des Mögel-Dellinger-Effekts.

Der Mögel-Dellinger-Effekt, das plötzliche Aussetzen der Ionosphärenreflexion, das oft gleichzeitig mit einer chromosphärischen Eruption an der Sonnenoberfläche auftritt, wird auf einen Anstieg der Ionisation unterhalb der E-Schicht der Ionosphäre zurückgeführt, wo die Dichten bereits so groß sind, daß eine starke Absorption einfallender elektromagnetischer Wellen auftritt. Die E- und F-Schicht selbst werden nicht merklich beeinflußt. Als Hypothesen für die Entstehung der D-Schicht in Höhen von 60 bis 80 km sind bisher betrachtet: 1. Ionisation von O-Atomen durch L_α-Strahlung 1215.7 AE (Martyn), 2. Ionisation von O_2 durch 12.5 Volt-Strahlung (Mitra), 3. Ionisation von O_3, und 4. Ionisation von Na-Atomen oder anderen leicht ionisierbaren Atomen meteorischen Ursprungs, die in diesen Höhen angereichert sind (Jouaust und Vassy). Keine dieser Hypothesen kann indessen voll befriedigen, da entweder (3 und 4) die Effekte vermutlich zu klein sind oder (2) die ionisierende Strahlung infolge der starken Absorption nicht bis in die Höhe der D-Schicht dringen kann, oder (1) in der D-Schicht keine O-Atome mehr vorhanden sind.

Es soll in dieser Notiz darauf hingewiesen werden, daß eher eine durch die Sonneneruption in der Chromosphäre oder Korona ausgelöste Röntgenstrahlung im Wellenlängengebiet unter 10 AE für den Mögel-Dellinger-Effekt verantwortlich gemacht werden kann. Die Eindringtiefe von Röntgenstrahlung in die Erdatmosphäre kann aus den bekannten Schwächungskoeffizienten für Luft abgeschätzt werden, wenn man ein bestimmtes Atmosphärenmodell zugrunde legt. Bis zu Höhen von rund 100 km ist der Dichteverlauf der Atmosphäre leidlich bekannt, die direkten Messungen mit Hilfe von Raketensonden haben den aus der Integration der barometrischen Höhenformel bei bekannter Temperaturverteilung abgeleiteten Verlauf im wesentlichen bestätigt. Die Werte für die ungefähre Eindringtiefe von Röntgenstrahlung sind in der folgenden Tabelle gegeben; die zweite Spalte gibt die Eindringtiefe bei Schwächung auf 1/e in cm Luftaequivalent unter Normalbedingungen, die dritte die zugehörige Höhe in km.

Röntgenstrahlung mit Wellenlängen um 1—2 AE hat also die für den M.-D.-Effekt erforderliche Eigenschaft, in Höhen um 60—70 km ionisierend zu wirken und die höheren Schichten im wesentlichen unbeeinflußt zu lassen. In der normalen Koronastrahlung können diese Wellenlängen nicht vertreten sein, da bei 10^6 Grad das Spektrum praktisch nicht unter 20 AE reicht. Wohl aber werden sie bei Eruptionen auftreten, bei denen nach den Beobachtungen im Gebiet der Meterwellen um mehrere Zehnerpotenzen erhöhte Elektronenenergien in der Korona auftreten. Eine genauere Abschätzung der zu erwartenden Röntgenstrahlenintensität wird, da die Korona in diesem Bereich sicher eine sehr geringe optische Dicke hat, allerdings erst bei besserer Kenntnis des Eruptionsmechanismus möglich sein. Eine experimentelle Entscheidung über die den M.-D.-Effekt auslösende Strahlung ließe sich voraussichtlich durch Aufstiege von Raketensonden während einer Eruption treffen.

Wellenlänge	Eindringtiefe cm Luft	Höhe
0.05 AE	6600	32 km
0.1	5600	34 „
0.2	4500	36 „
0.5	1600	43 „
1	300	58 „
2	45	73 „
5	2.5	94 „
10	0.5	112 „

Heidenheim. H. Siedentopf.

Eingegangen am 30. September 1948.

Zur „Chromatographie" von Elektrolyten an Aluminiumoxyd.

Für die „chromatographische" Trennung von Elektrolyten mittels Aluminiumoxyd wurde bisher meist ein Na-Gehalt des letzteren als notwendige Voraussetzung angesehen. Es wurde entweder ein permutoider Austausch von Natrium- gegen andere Ionen (Schwab und Jockers) oder eine Fällung durch den Na_2CO_3- oder $NaHCO_3$-Gehalt der Tonerde angenommen (Siewert und Jungnickel). Nur Fricke[3]) vermutet, daß auch Al_2O_3 selbst eine Rolle spielt.

Wir untersuchten die Wechselwirkung zwischen wässerigen Lösungen verschiedener Salze und Na-haltiger bzw. Na-freier γ-Tonerde; dabei wurde das Verhalten der Kationen und auch das der Anionen analytisch verfolgt. Wir fanden: 1. Bei Verwendung Na-haltiger Tonerde erfolgt der Austausch der Na-Ionen gegen gelöste Kationen in äquivalentem Mengenverhältnis[1]); die Anionen bleiben von diesem Vorgang unberührt. Die so gebundenen Kationen lassen sich durch Wasser nicht wieder auswaschen. 2. Sowohl bei Na-haltiger als auch bei Na-freier Tonerde tritt noch ein zweiter, völlig andersartiger Effekt auf: Die Tonerde adsorbiert aus der Lösung Kat- und Anionen in einander äquivalenten Beträgen. Dieser Vorgang ist — wenigstens bei schwach adsorbierenden Al_2O_3-Präparaten — reversibel, denn durch Wasser lassen sich beide wieder eluieren.

Tabelle 1 zeigt als Beispiele zwei typische Versuche aus einer größeren Serie. Man schüttelte 10 g Tonerde mit einer Lösung von ~ 2 mval $CuCl_2$ (+ 0,01 mval HCl) in 17 ml Wasser mehrere Stunden und trennte durch Zentrifugieren. Die Analyse der Restlösung erlaubte, die gebundene Cu- und Cl-Menge zu berechnen. Der Bodenkörper wurde mit sehr viel Wasser (~ 10 l) ausgewaschen und die erhaltene Lösung analysiert.

Man ersieht aus der Tabelle, daß in Vers. Nr. 16 die gebundene Cu-Menge die Cl-Menge um 0,84 mval übersteigt; fast der gleiche Betrag, 0,88 mval Cu, bleibt beim Auswaschen auf der Tonerde (Cl-ionenfrei!) zurück. Man fand ferner, daß 0,83 mval Na bei diesem Versuch in Lösung gegangen waren, während eine andere Probe des gleichen Tonerdepräparates beim erschöpfenden Auswaschen mit heißer verd. Salzsäure 0,87 mval Na je 10 g Tonerde abgab. Damit sind die oben unter 1. beschriebenen Verhältnisse belegt. Außerdem wurden beim Eluieren die gesamten Cl-

Ionen = 1,1 mval und ebensoviel Cu-Ionen desorbiert; diese Beobachtung stellt den Effekt 2 dar.

Der ausgewaschene Bodenkörper wurde nun nochmals in gleicher Weise behandelt (Vers. Nr. 16a)[2]). Gebundene Cu- und Cl-Menge sind jetzt einander äquivalent und es wird nunmehr Cu fast ebenso vollständig wie Cl eluiert. Da das Tonerdepräparat durch die Behandlung bei Vers. Nr. 16 praktisch Na-frei geworden ist, tritt hier also — ebenso wie bei weiteren Versuchen mit von vornherein Na-freier γ-Tonerde — der 2. Effekt in reiner Form auf.

Tabelle 1. *Wechselwirkung zwischen $CuCl_2$-Lösung und „Al_2O_3 für chromatographische Zwecke, stand. nach Brockmann", von Merck. Zahlenangaben in mval je 10 g Tonerde.*

Vers. Nr.	16		16a	
	1. Beladung		2. Beladung	
	Cu	Cl	Cu	Cl
Angewandt	2,07	2,08	2,07	2,08
Gebunden	1,95	1,11	1,23	1,22
Eluiert	1,07	1,11	1,18	1,21
Nicht eluiert	0,88	0,00	0,05	0,01

Na-freie Tonerdepräparate mit großem Adsorptionsvermögen gaben bei der Elution oft erheblich mehr Cl als Cu ab, was sich in Vers. Nr. 16 und 16a mit mäßig adsorbierender Tonerde schon angedeutet findet. Wir vermuten, daß die am stärksten adsorptions-aktiven Stellen der Tonerde während des Auswaschens eine Hydrolyse des adsorbierten Salzes bewirken.

Die gemeinsame Adsorption von Kat- und Anionen, den Effekt 2, haben Fricke und Schmäh[3]) unter besonders sauber definierten Bedingungen auch bei der Adsorption von K-Salzen an alkalifreiem $Al(OH)_3$ gefunden.

Wir glauben, daß der Effekt 2 der grundlegende Vorgang bei der Chromatographie von Elektrolyten an reiner Tonerde ist. Dafür sprechen auch Trennungsversuche, die wir mit einer Säule aus Na-freier Tonerde durchführten.

Auf Grund unserer Feststellungen ist es bei der Mehrzahl der in der Literatur beschriebenen Beobachtungen über die Chromatographie von Elektrolyten an Na-haltiger Tonerde zweifelhaft, ob sie auf den Na-Gehalt oder die Tonerde selbst zurückzuführen sind.

Hannover, Institut für anorgan. Chemie der Techn. Hochschule. Werner Fischer, Achim Kulling.

Eingegangen am 8. November 1948.

[1]) Ob es sich dabei um Fällung oder permutoiden Austausch handelt, lassen unsere Versuche offen.

[2]) Die auf dem Bodenkörper verbliebenen 0,88 mval Cu sind bei den Zahlen für Vers. Nr. 16a nicht mit eingeschlossen.

[3]) Fricke, R. u. Schmäh, H., Z. anorg. Chem. *255* (1948) 267.

Zur kristallinen Struktur der Polyamide.

Daß Polyamidfasern (Nylon, Perlon) im gereckten und auch ungereckten Zustand einen kristallähnlichen Aufbau besitzen, wurde durch die Röntgenuntersuchungen von Fuller, Baker und Pape[1]) und von Brill[2]) erwiesen. Broser, Goldstein und Krüger[3]) entwickelten hieraus ins einzelne gehende Vorstellungen über die Molekülorientierung in den „kristallinen Faserbereichen" und gaben Zahlenwerte über die Dimensionen der Elementarzellen.

Mit der Ermittlung der *Größe* der kristallinen Bereiche befaßten sich insbesondere Heß und Kiessig[4]), die nach der Methode der Kleinwinkelstreuung auf eine Längsausdehnung der Polyamidkristallite von etwa 100 Å kamen.

Im Gegensatz zu den Röntgenmethoden scheinen *optische* Untersuchungsverfahren auf Polyamide noch wenig angewandt worden zu sein. Das gilt besonders für das nicht orientierte Material. Lediglich Carothers bediente sich bereits der polarisationsoptischen Methode zum Nachweis der kristallinen Natur kurzkettiger Polyester[5]).

Überraschenderweise fanden wir nun auch an Polyamiden mit technisch üblichen Polymerisationsgraden eine stark ausgeprägte Kristallisationstendenz, die sich bei geeigneter Präparationsmethode im Polarisationsmikroskop sehr schön zeigen läßt. Die Untersuchungen wurden im Mikroskop-Heiztisch nach

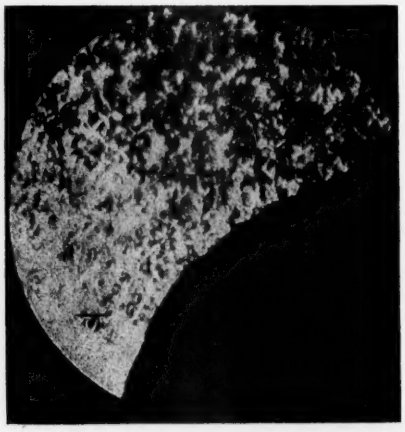


Fig 1. *Perlon* (Vergr. 550fach, Filter x).

C. Weygand[6]) in Verbindung mit dem Zeiß-Ultraphot durchgeführt. Aus der Fülle der dabei beobachteten Erscheinungen seien hier nur einige Beispiele herausgegriffen:

Fig. 1 zeigt ein wiedererstarrtes Präparat von Perlon (Poly-ε-Aminocaprolactam) bei Beobachtung im polarisierten Licht (Filter gekreuzt). In der linken Bildhälfte erkennt man die *anisotrope*, aus der Schmelze erstarrte Substanz.

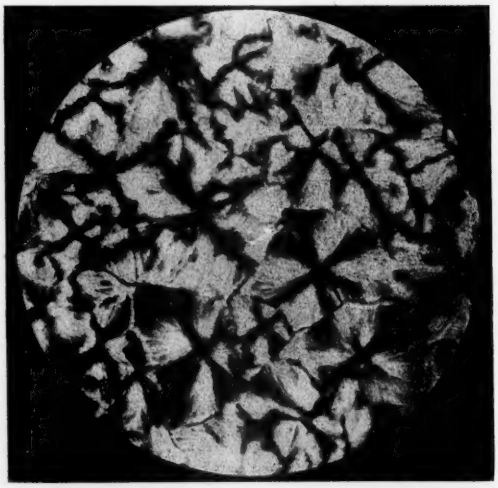


Fig. 2. *Nylon* (Vergr. 500fach, Filter x).

Wesentlich schöner — vor allem größer — lassen sich die Kristallaggregate bei *Nylon* (Polyhexamethylen-Diammonium-adipat) beobachten (s. Fig. 2).

Hier erkennt man folgende Einzelheiten: In den Kristallrosetten gruppieren sich um einen zentralen Keim radial angeordnete Nadeln, von denen die längsten mit dem Okularmikrometer zu $\sim 40\ \mu$ gemessen wurden. Die Dicke der Fibrillen liegt nahe an der Auflösungsgrenze des Lichtmikroskopes ($< 1\ \mu$).

Die ausgeprägte Neigung, aus der ruhenden Schmelze freiwillig in mikroskopisch sichtbaren Aggregaten zu kristallisieren, ließ uns hoffen, auch aus Lösungen kristallisierte Polyamide zu erhalten. Die besten Ergebnisse wurden bis jetzt durch Umkristallisieren aus Benzylalkohol erzielt.

Fig. 3. Perlonkristalle aus Benzylalkohol (Vergr. 900fach, Ölimmersion, Filter II).

Fig. 3 zeigt Perlon, das aus heißem Benzylalkohol umkristallisiert wurde. Man erkennt nadelförmige Gebilde, die dieselbe Neigung zu fächerförmiger Anordnung zeigen wie die aus der Schmelze anschießenden Nadeln. Die hochmolekulare Natur (Molekulargewicht ~ 20000) wurde am abfiltrierten Material durch Bestimmung der Lösungsviskosität (η-rel. in Schwefelsäure = 2,1) einwandfrei bewiesen.

Die Bedeutung dieser Beobachtungen für die Theorie der Molekülgestalt von Linearpolymeren in Lösung und in Schmelze steht außer Frage.

Perlon-Forschungslaboratorium der Thüringischen Zellwolle Schwarza/S.

R. Gabler.

Eingegangen am 9. September 1948.

[1]) Fuller, Baker u. Pape, J. Amer. chem. Soc. **62**, 3275 (1940).
[2]) Brill, Naturw. **29**, 220, 337 (1941).
[3]) Broser, Goldstein u. Krüger, Koll. Z. **106**, 187 (1944).
[4]) Heß u. Kiessig, Z. phys. Ch. **193**, 196 (1944).
[5]) Carothers, W. H., J. Amer. chem. Soc. **51**, 2564 (1929).
[6]) Weygand, C., Mikrochemie **10**, 1 (1931).

Beeinflussung von Phosphatasen durch Mitosegifte.

Mc Ilwain[1] und Lettre[2] erbrachten den Nachweis, daß sich die mitosehemmende Wirkung gewisser Verbindungen aus der Akridinreihe, wie Trypaflavin, durch Zugabe von Nukleinsäuren aufheben läßt. Dieser Antagonismus soll auf dem Vermögen der Nukleinsäuren beruhen, mit Akridinabkömmlingen salzartige Verbindungen einzugehen. Da die Annahme nahe liegt, daß auch andere Mitosegifte in enger Beziehung zu dem Stoffwechsel der Nukleinsäuren stehen, schien es mir von Interesse, die Beeinflußbarkeit von Phosphatasen durch einige Mitosegifte zu prüfen, deren chemischer Angriffspunkt nicht geklärt ist.

Ich habe Colchicin, Hydrochinon und Urethan gegenüber Prostata-Nieren-Darm und Erythrocyten-Phosphatase geprüft. Als Substrat diente β-Glycerophosphat, die abgespaltene P-Menge wurde nach Lohmann und Jendrassik[3] bestimmt. Nieren und Darmphosphatase-Präparate wurden nach H. und E. Albers[4] hergestellt.

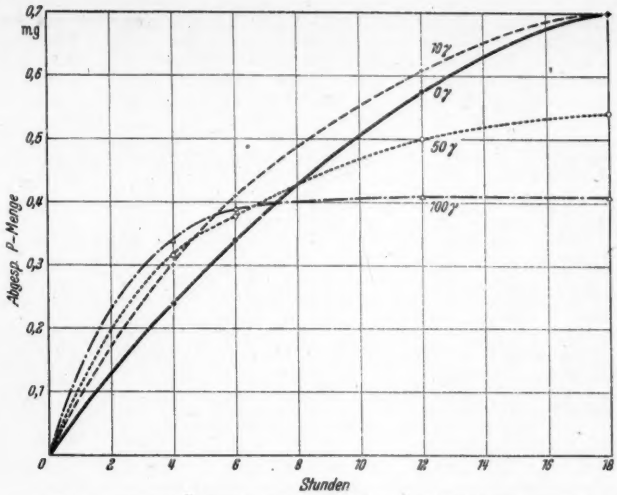


Fig. 1. Hemmung der Erythrocytenphosphatase durch Colchicin (γ/cm³) ph 6.4; Substrat: β-Glycerophosphat 10^{-2} m; $MgCl_2$ 10^{-2} m.

Colchicin fördert im Alkalischen in einer Konzentration von 10^{-5} m deutlich (Schweinenierenphosphatase ph 8, 9, Erythrocytenphosphatase ph 7, 2), während es im Sauern von dieser Konzentration ab hemmt (Erythrocytenphosphatase ph 6,4). — Hydrochinon hemmt nach einer Latenzzeit (wohl infolge Chinonbildung) von 10^{-5} m ab die Schweinenierenphosphatase. — Urethan hemmt die nicht aktivierte Erythrocytenphosphatase (ph 6, 4) in 0,01 m Lösung zu 60%, nach Mg-Zugabe sind zur selben Hemmung 0,1 m Urethanlösungen erforderlich. Andersartig ist die Urethanwirkung auf die Darmphosphatase (Ratten und Mäuse), durch 0,05 m Lösungen wird deren Aktivierbarkeit durch Mg (10^{-2} m) aufgehoben, ohne daß der wirksame Anteil des Fermentes durch die genannten Urethankonzentrationen beeinflußt wird. Mit entsprechenden Konzentrationen habe ich bei der Nierenphosphatase keine Wirkung beobachtet. — Es sei an dieser Stelle erinnert, daß nach Burgen und Lorch[5] Alloxan, ebenfalls ein cytostatischer Stoff, die Nierenphosphatase ausgesprochen hemmt.

Pharmakologisches Institut der Universität Würzburg.

Wolfgang Schoetensack.

Eingegangen am 6. August 1948.

[1]) McJlwain, H., Biochem. J. **35**, 1311 (1941).
[2]) Lettré, H. und R., Naturw. **33**, 283 (1947).
[3]) Lohmann und Jendrassik, Biochem., Ztschr. **178**, 419 (1926)
[4]) Albers, H. und E., Ztschr. phys. Chem. **232**, 189 (1935).
[5]) Burgen und Lorch, Biochem. J. **41**, 223 (1947).

Messung der Ultraschallabsorption in tierischen Geweben und ihre Abhängigkeit von der Frequenz.

In den letzten Jahren hat der Ultraschall auch als Mittel der physikalischen Therapie wachsende Bedeutung erlangt. Hierbei ist die Kenntnis der Absorptionskoeffizienten bzw. der Halbwertschichten in den verschiedenen Geweben von Wichtigkeit, um die in der Körpertiefe, z. B. am Ischiasnerv, wirksame Dosis abschätzen zu können. Für die Intensität J in der Tiefe x gilt für parallele Strahlung:

$$J(x) = J(o) \,.\, exp\,(-\alpha x).$$

Der Absorptionskoeffizient α sollte nach der klassischen Theorie mit dem Quadrat der Frequenz f ansteigen, also α/f^2 = konst. sein. Die Gültigkeit dieser Beziehung war nach Messungen Pohlmans[1]) zweifelhaft und ein linearer Zusammenhang wahrschein-

licher. Eine eingehende Nachprüfung des Frequenzganges von α im Frequenzbereich zwischen 1 bis 4,5 MHz erschien daraufhin zweckmäßig und Pohlman entwickelte dafür eine optische Methode[2]) unter photometrischer Auswertung der nach Debye-Sears auftretenden Lichtbeugung an Ultraschallwellen, womit die in [1]) benutzte Methode der Intensitätsmessung mit der Schalldruckwaage durch ein genaueres Verfahren ersetzt wurde.

Im folgenden sollen die Ergebnisse mitgeteilt werden, die auf diese Weise bei den Frequenzen 1,5 MHz, 2,4 MHz und 4,5 MHz an Gewebeproben von Niere, Leber, Herz und Zunge des Rindes erhalten wurden. Die Proben wurden unmittelbar nach der Schlachtung in physiologischer Kochsalzlösung im Dewargefäß bei einer Temperatur von 35° C ins Laboratorium überführt und sofort gemessen. Ein Temperatureinfluß auf die Größe von α konnte zwischen 20° C und 35° C nicht festgestellt werden. Um eine etwaige Reflexion an den Gewebsgrenzen zu eliminieren, wurden die Messungen an Gewebsschichten verschiedener Dicke (etwa 1 cm, 2,3 cm und 3,6 cm) durchgeführt. Da der aus der bekannten Dichte und Schallgeschwindigkeit von Gewebe folgende Reflexionsfaktor gegenüber Wasser 10% max. nicht überschreitet, sind für verschiedene Schichtdicken annähernd gleiche Werte von α zu erwarten. Waren die Gewebeproben jedoch in der Meßküvette unmittelbar vor dem Quarz in dessen Interferenzfeld, das durch eine Struktur abwechselnd maximaler und minimaler Intensitäten gekennzeichnet ist, angeordnet, so zeigten geringe Schichtdicken stets größere Werte von α als große Schichten (s. Tab. 1). Dieses überraschende Ergebnis, das eine Bestätigung von Beobachtungen Horvaths[3]) darstellt, läßt sich durch die im Interferenzfeld auftretenden zusätzlichen Scherungswirkungen, die eine zusätzliche innere Reibung bewirken, erklären. Da die Struktur des Interferenzfeldes mit wachsendem Abstand vom Quarz homogen wird, verschwindet der dadurch bedingte zusätzliche Anteil von α bei größerer Gewebstiefe. Diese durch die Struktur des Schallfeldes bedingte erhöhte Absorption mit vergrößertem Energieumsatz in den oberen Schichten des Gewebes kann für dermatologische Indikationen willkommen sein, muß jedoch für reine Tiefentherapie (z. B. bei Prostatitisbehandlung) vermieden werden, z. B. durch Zwischenschaltung einer Wassersäule, wie Horvath vorschlägt.

Tabelle 1.

Frequenz MHz	Schichtdicke cm	Niere α	Niere $\frac{\alpha}{f}\cdot 10^7$	Leber α	Leber $\frac{\alpha}{f}\cdot 10^7$	Herz α	Herz $\frac{\alpha}{f}\cdot 10^7$	Zunge (quer) α	Zunge (quer) $\frac{\alpha}{f}\cdot 10^7$	Zunge (längs) α	Zunge (längs) $\frac{\alpha}{f}\cdot 10^7$
1,5	1,0	—	—	0,48	3,2	0,76	5,0	1,31	8,8	0,67	4,8
	2,3	0,38	2,5	0,33	2,2	0,60	4,0	1,10	7,3	0,43	2,9
	3,6	—	—	—	—	—	—	0,9	6,0	—	—
2,4	1,0	—	—	0,62	2,6	0,92	3,8	3,1	12,4	—	—
	2,4	0,54	2,3	0,36	1,5	0,89	3,7	1,3	5,5	—	—
	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	0,64	2,7
4,5	1,0	—	—	1,4	3,2	—	—	4,2	9,2	—	—
	2,4	1,0	2,3	1,2	2,7	1,6	3,5	—	—	1,3	2,9
	3,6	—	—	0,8	1,8	—	—	—	—	—	—

Die gemessenen Absorptionskoeffizienten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die angeführten Werte sind Mittelwerte aus mehrfach wiederholten Messungen an Gewebsproben verschiedener Tiere. Diese Mittelbildung konnte sich aus zeitbedingten Gründen vorläufig nur über eine beschränkte Zahl von Proben erstrecken, so daß die Werte infolge der Undefiniertheit biologischer Substanzen streuen. Die hier mitgeteilten vorläufigen Werte der Absorptionskoeffizienten sollen durch weitere Messungen an einer größeren Zahl von Gewebsproben belegt werden.

Der α-Wert der dicksten Schicht ($\sim$ 3,6 cm) gibt die beste Annäherung an die für homogene Ultraschallstrahlung (Fernfeld) gültigen Absorptionskonstanten. Diese Werte führen zu den in Fig. 1 ersichtlichen Graden, die ein weitgehendes Zutreffen der Konstanz von α/f beweisen, wofür sich die Mittelwerte der Tabelle 2 ergeben.

In der zweiten Spalte der Tabelle 2 sind die durch Extrapolation aus Fig. 1 gewonnenen Halbwertschichten für die therapeutisch gebräuchliche Frequenz von 800 kHz angegeben. Die sich für 800 kHz ergebenden Halbwertschichten stimmen mit den Werten, die bei anderen Meßmethoden (Strahlungsdruck[1]), Thermoelektrische Sonde[4])) gefunden wurden, überein.

Tabelle 2.

Gewebe	Mittelwert α/f. 10^7 (cm^{-1} sec)	Halbwertsschichten (cm) 800 kHz	Halbwertsschichten (cm) 2,4 MHz
Niere	2,35	3,7	1,3
Leber	1,8	5,0	1,7
Herz	3,75	2,6	0,9
Zunge (quer)	5,75	1,7	0,6
Zunge(längs)	2,8	3,5	1,2

Bemerkenswert ist hierbei das Verhalten des Muskelgewebes der Zunge, das sich schon äußerlich durch

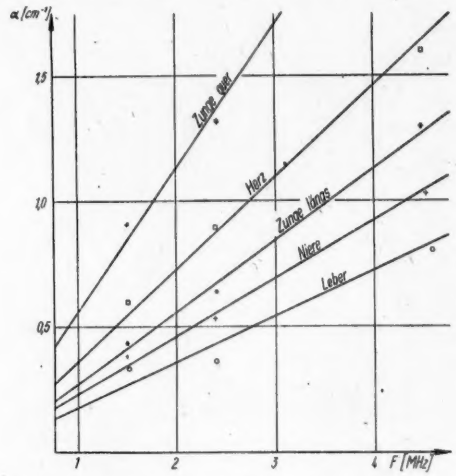


Fig. 1.

eine grobe Faserstruktur von dem übrigen sehr homogenen Gewebsmaterial unterscheidet. Es wurde bei der Zunge sowohl quer als auch längs zur Faserrichtung gemessen und eine Art Anisotropie des Absorptionsverhaltens festgestellt.

Der lineare Anstieg der Absorption mit der Frequenz deckt sich mit dem bei Festkörpern beobachteten Verhalten, für das eine phänomenologische Theorie von Maxwell aufgestellt wurde. Der Absorptionsmechanismus wird hierbei in erster Linie von der Korngröße bzw. dem Grad der Inhomogenität bestimmt, wodurch die für den Mechanismus der inneren Reibung maßgeblichen Scher- und Gleitwirkungen heraufgesetzt werden. Der bei Geweben beobachtete Einfluß der Schallfeldstruktur und Gewebsinhomogenität (Zunge) unterstreicht die Analogie zwischen Gewebe und Festkörper, wobei gummiartige Substanzen hinsichtlich ihres elastischen Verhaltens und ihrer Absorption dem Gewebe am ähnlichsten sind. Gewebsschichten starker elastischer Inhomogenität, in denen durch Verzerrung des Schallfeldes die Scherwirkungen vergrößert werden, werden infolgedessen zu verstärktem Energieumsatz Anlaß geben, wie es unter anderem an Grenzflächen von Horvath[5]) und Pätzold[6]) beobachtet wurde.

Über in diesem Zusammenhang angestellte Phantomversuche und ihre theoretische Deutung sowie über die praktischen Konsequenzen für die Dosierung

in der US-Therapie soll später ausführlich berichtet werden.

Elektromedizinisches Laboratorium der Siemens-Reiniger-Werke, Erlangen.

Th. Hüter.

Eingegangen am 28. September 1948.

[1]) Pohlman, R., Phys. Z. **40**, 159—161 (1939).
[2]) Hüter, Th. und Pohlman, R., Z. f. angew. Physik, erscheint demnächst.
[3]) Horvath, J., Klin. u. Prax. 108 (1946).
[4]) Pohlman, R., Klin. Wochenschr. **26**, 277—278 (1948).
[5]) Horvath, J., Ärztl. Forschung **1**, 357—364 (1947).
[6]) Pätzold, J. und Born, H., Strahlentherapie **76**, 486—492 (1947).

Die Hörschwellen des Dompfaffen
(Pyrrhula p. minor Brehm).

Das Gehör der Vögel ist qualitativ recht gut bekannt. Mit einem Umfang von 40 bis 20000 Hz ähnelt es dem des Menschen, dessen Unterschiedsempfindlichkeit es in mittleren Tonlagen erreicht[1]). An vier Dompfaffen wurden durch Dressur auf reine Töne die *absoluten Schwellen* im Frequenzbereich von 100 bis 6400 (12800) Hz bestimmt*). Die Absolutwerte des Schalldruckes wurden durch Bezug auf die bekannte menschliche Hörschwelle erhalten. Bei 12800 Hz war eine Eichung der Versuchsanordnung nicht mehr möglich, jedoch lag bei dieser Tonhöhe die Schwelle der Vögel weit über der menschlichen.

Die Mittelwerte der im einzelnen statistisch gesicherten Meßwerte der vier Vögel zeigt Fig. 1. Das Ergebnis beruht auf rund 40000 registrierten Dressurbeobachtungen. Weiter finden sich angegeben die jeweils von einzelnen Vögeln erzielten besten Leistungen (zugleich ein Ausdruck für die individuelle Variabilität). Zum Vergleich ist das „Schwellenschallfeld" des Menschen[2]) danebengestellt worden. Die mitgeteilten Werte geben an, wie groß ein ungestört gedachtes Schallfeld sein muß, in das hineingebracht ein Dompfaff soeben noch eine Schallempfindung (nachgewiesen durch Dressur) hat. Bei 1600—3200 Hz ist die Hörschärfe des Vogels und des Menschen praktisch gleich. In dieser Tonhöhe liegen die arteigenen Laute des Dompfaffen. Die Höhe des Locktones wurde zu 2800 Hz bestimmt. Außerhalb dieses Bereichs, vor allem bei niederen Frequenzen, ist die Empfindlichkeit wesentlich geringer. Es ist anzuzweifeln, daß tiefe Töne bei den geringen Intensitäten des natürlichen freien Schallfeldes biologisch eine Rolle spielen.

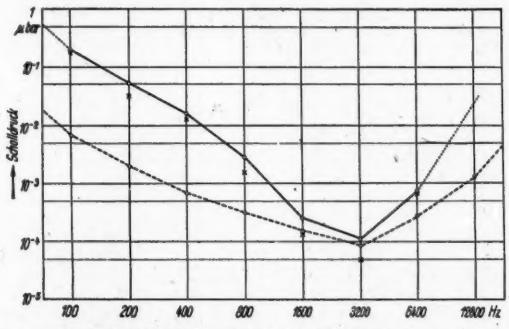


Fig. 1. Hörschwellen des Dompfaffen für reine Töne.
—○— Schwellenschallfeld des Dompfaffen (Mittelwerte von vier Versuchstieren).
x Bestleistungen einzelner Vögel.
– –⊙– – Schwellenschallfeld des Menschen (nach Sivian and White).

Die funktionelle Beteiligung des *Mittelohres* der Vögel am Hörvorgang ist wiederholt bestritten worden[3]). Eine solche Funktion — wenn sie sich nachweisen läßt — müßte in einer Anpassung des Schallwellenwiderstandes der Luft an den des Innenohres bestehen. Aus dem Vergleich der Grundfläche des konvexkegelförmigen Trommelfelles (1,9 mm²) mit der Fläche der Columella-Fußplatte im ovalen Fenster (0,06 mm²) errechnet sich ein Übersetzungsverhältnis von 30 : 1 für die großen Amplituden des Luftschalles in Schwingungen kleiner Amplitude, aber großer Kraft am ovalen Fenster. Der einzige Gehörknochen der Vögel, die Columella, beschreibt bei physiologischen Schallintensitäten im wesentlichen stempelartige Bewegungen, so daß nicht mit Hebelwirkungen gerechnet zu werden braucht.

An zwei Dompfaffen wurde nach vorangegangener Hörschwellenbestimmung die Veränderung der Hörschärfe nach bestimmten Schädigungen im Mittelohr verfolgt.

Tabelle 1. *Veränderung der Schallempfindlichkeit nach regenerierbarer Schädigung des Mittelohres; Schwellen in μbar.*

Hz	Schwelle normal	Schwelle 48 Stunden nach Operation	Verschlechterungsfaktor	Schwelle 3 Wochen nach Operation	Verschlechterungsfaktor
100	$1{,}9 \times 10^{-1}$			nicht dressierbar*)	
200	$3{,}5 \times 10^{-2}$			$7{,}8 \times 10^{-1}$	22
400	$1{,}3 \times 10^{-2}$				
800	$2{,}9 \times 10^{-2}$			$3{,}5 \times 10^{-2}$	12
1600	$2{,}3 \times 10^{-4}$	$1{,}3 \times 10^{-1}$	560	$1{,}8 \times 10^{-3}$	8
3200	$4{,}5 \times 10^{-5}$			$1{,}2 \times 10^{-3}$	27(10)**)
6400	$6{,}4 \times 10^{-4}$			$9{,}6 \times 10^{-3}$	15

*) Reizintensität unzureichend.
**) Individuelle Schwelle des untersuchten Vogels bei intaktem Mittelohr extrem tief. Berechnung des Verschlechterungsfaktors nach dem Mittelwert aus Fig. 1 ergibt den Wert 10, der den Werten auf benachbarten Frequenzen besser entspricht.

Dem ersten Versuchstier wurde das Trommelfell und der Oberteil der Columella, die knorpelige Extracolumella, entfernt. Die spätere Obduktion zeigte eine vollständige Regeneration des Trommelfelles aus der benachbarten Gehörgangswand. Es lag dem Stumpf der Columella auf, so daß das Mittelohr zumindest bedingt funktionsfähig war. Die Hörschwellenbestimmung für den Ton 1600 Hz (Tab. 1) zeigte eine anfängliche Erhöhung der Reizschwelle um das 560fache. Nach Abschluß der Regeneration war sie im gesamten Hörbereich noch um das 10- bis 30fache erhöht.

Dem zweiten Versuchstier wurde die gesamte häutige Gehörgangswand mit Trommelfell sowie die ganze Columella entnommen. Die Obduktion zeigte, daß ein schalleitender Apparat nicht wiederhergestellt worden war. In diesem Fall wurde am vierten Tag nach der Operation eine Schwellenerhöhung bei der optimalen Frequenz 3200 Hz um das 430fache gefunden (Tab. 2). Vom siebten Tage an blieb die Erhöhung auf das 75- bis 100fache konstant.

Man hat danach anzunehmen, daß beim Vogel Knochenhören, das beim Menschen für höhere Töne eine erhebliche Rolle spielen kann, keine Bedeutung für den physiologischen Hörvorgang hat. Für diese Auffassung spricht auch die isolierte Lage der Cochlea, die größtenteils von Lufträumen umgeben ist[4]).

Tabelle 2. *Veränderung der Schallempfindlichkeit nach radikaler Zerstörung des Mittelohres; Prüffrequenz 3200 Hz, Schwellen in μbar.*

normal	4 Tage nach Operation	7 Tage nach Operation	10 Tage nach Operation	13 Tage nach Operation
$1{,}1 \times 10^{-4}$	$4{,}8 \times 10^{-2}$	$1{,}1 \times 10^{-2}$	$8{,}4 \times 10^{-3}$	$1{,}1 \times 10^{-2}$
Verschlechterungsfaktor	430	100	75	100

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Göttingen. Johann Schwartzkopff.

Eingegangen am 20. September 1948.

*) Herrn Prof. Dr. H. Autrum danke ich für die Anregung zu diesen Untersuchungen.

[1]) Knecht, S., Über den Gehörsinn und die Musikalität der Vögel. Z. vgl. Physiol. 27 (1939).
[2]) Sivian, L. J. and S. D. White, On minimum audible sound fields. J. Acous, Soc. Amer. 4 (1933).
[3]) U. a. Jellinek, A., Gehörprüfungen an Tauben nach Exstirpation des Mittelohres. Arch. ges. Physiol. 211 (1926).
[4]) Denker, A., Das Gehörorgan und die Sprechwerkzeuge der Papageien. Wiesbaden (1907).

Pollenernährung und Nosemabefall der Honigbiene.

In den Jahren 1941—1945 wurden im hiesigen Institut Versuche zur Bekämpfung der Nosemaseuche der Bienen durchgeführt. Wir bearbeiteten dabei die Frage, welchen Einfluß die Pollenernährung auf den Nosemabefall hat. Die Versuche konnten erst jetzt ausgearbeitet werden. Wir bringen im folgenden eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse. Die ausführliche Veröffentlichung der Arbeit wird im Laufe des nächsten Jahres erfolgen:

1. Lebensdauer gesunder Bienen: Gleichaltrige Bienen wurden vom Schlüpfen ab in kleinen Kästchen bei 32° C Temperatur und etwa 60% Luftfeuchtigkeit gehalten. Ihre mittlere Lebensdauer wird bei reichlicher Zuckerwasserfütterung (Saccharose) durch Zufütterung von Pollen bis auf das Doppelte verlängert. Die Kontrollbienen erhielten nur Zuckerwasser.

2. Am wirksamsten war Bienenbrot (von den Bienen in der Zelle gestapelter und verarbeiteter Pollen). Weniger wirksam waren zerriebene Pollenhöschen (von den Bienen eingetragener Pollen von insektenblütigen Pflanzen), am wenigsten wirksam frischer Haselpollen (Blütenstaub eines Windblütlers).

3. Die mittlere Lebensdauer gefangen gehaltener Stockbienen unbekannten Alters wird durch Pollenfütterung nicht verlängert.

4. Künstlich mit Nosema infizierte Jungbienen leben unter sonst gleichen Bedingungen und bei gleicher Ernährung im Mittel kürzer als gesunde Bienen.

5. Auch bei nosemakranken Bienen erhöht Pollenbeifütterung zum Zuckerwasser die Lebensdauer. Ebenso wie bei gesunden Bienen ist auch hier verarbeiteter Pollen wirksamer als unverarbeiteter, doch ist die Steigerung der Lebensdauer generell nicht so hoch wie bei gesunden Bienen.

6. Nosemakranke Jungbienen leben bei Fütterung mit unverarbeitetem Pollen ebensolang, bei Fütterung mit verarbeitetem Pollen sogar in jedem Falle länger als gesunde, nur mit Zuckerwasser ernährte Bienen. Pollenmangel wirkt sich demnach auf die Lebensdauer frisch geschlüpfter Bienen nachteiliger aus als Befall durch den Nosemaparasiten.

7. Bei quantitativ gleicher Infektion der Bienen mit Nosemasporen entwickelt sich der Parasit bei verschiedener Ernährung der Bienen verschieden stark. Die geringsten Sporenzahlen in Mitteldarm und Kotblase wiesen in unseren Versuchen die nur mit Zuckerwasser ernährten Bienen auf; bei Fütterung mit Pollen war die Zahl der Sporen nach dem gleichen Zeitraum durchweg höher, und zwar am höchsten bei Fütterung der infizierten Bienen mit Bienenbrot, jeweils weniger hoch bei Fütterung mit zerriebenen Höschen und Haselpollen.

8. Lebensverlängerung durch Pollenernährung tritt nur ein, wenn die Bienen spätestens vom 10. Lebenstage ab Pollen erhalten. Bis zum 10. Lebenstage ist es im Mittel gleichgültig, wann mit der Pollenfütterung begonnen wird. Nach dem 10. Lebenstage verfütterter Pollen bleibt ohne Einfluß auf die Lebensdauer. Dies gilt sowohl für gesunde wie für nosemakranke Bienen.

9. Nach den bisherigen Ergebnissen scheint Pollenernährung während der ersten 6—8 Lebenstage bei gesunden wie bei nosemakranken Bienen ausreichend zu sein. Eine weitere Steigerung der Lebensdauer durch längere Pollenfütterung war nicht mit Sicherheit festzustellen.

10. Durch Fütterung mit Trockenmilch, Hefe oder Sojamehl in Zuckerwasser oder Zuckerteig wurde die mittlere Lebensdauer frisch geschlüpfter Bienen nicht erhöht. In den meisten Fällen lebten die mit den genannten Pollenersatzmitteln gefütterten Bienen sogar kürzer als die nur mit Zucker ernährten Tiere.

11. Neben den Untersuchungen an einzelnen Bienen haben wir in den Jahren 1942/43 und 43/44 Versuche mit ganzen Völkern durchgeführt. Als ihr wichtigstes Ergebnis kann festgestellt werden, daß die Pollenmenge während der Überwinterung keinen Einfluß hat auf den Verlauf einer Nosemainfektion im Frühjahr und auf die weitere Entwicklung der Völker im Frühjahr und Sommer. Voraussetzung ist dabei, daß die Wintervorräte an Zucker ausreichend sind und den Völkern im Frühjahr genügend Pollen für die Aufzucht der Brut zur Verfügung steht.

12. Eine spontane Gesundung trat bei allen künstlich infizierten Völkern ein, wenn sie unter günstigen Trachtverhältnissen gehalten wurden, doch waren die Völker längere Zeit stark geschwächt und ihr wirtschaftlicher Wert wäre wohl für mindestens ein Jahr gleich Null gewesen.

Zool. Inst. d. Universität München.

Ruth Beutler und Elisabeth Opfinger.[1])

Eingegangen am 6. November 1948.

[1]) Die Fertigstellung der statistischen Berechnung und die Abfassung der Arbeit verdanken wir Oskar Wahl, München.

Antibiotica in Flechten.

Die Inhaltsstoffe der Flechten sind bisher noch gar nicht auf ihre physiologische Wirksamkeit hin untersucht worden. Sie stellen äußerst bitter schmeckende Substanzen dar, die als Flechtensäuren bezeichnet werden. Chemisch handelt es sich um Derivate des Orcins und anderer Oxybenzole. Die Gewinnung einwandfreier reiner Substanzen ist sehr schwierig, da die Inhaltsstoffe der Flechten durch die Anwesenheit recht reaktionsfähiger Gruppen außerordentlich leicht veränderlich sind, so daß man nach der Aufarbeitung häufig ganz andere Substanzen erhält wie sie ursprünglich in den Flechten vorliegen. Auf diese Verhältnisse hatte schon Hesse, der sich als erster mit der Untersuchung von Flechtenstoffen befaßte, hingewiesen. Wie mühsam die Isolierung und einwandfreie Identifizierung der Flechtensubstanzen ist, zeigen die neueren Arbeiten von Asahina. Aber auch die Jahreszeiten bestimmen weitgehend, welche Substanzen in den Flechten anzutreffen sind. So findet man im Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter ganz andere Inhaltsstoffe.

Wir konnten nun aus einer Flechte aus der Familie der Usneacee eine Substanz isolieren, die außerordentlich starke antibiotische Eigenschaften entfaltet. Die chemische Untersuchung ergab ein Gemisch von *Evernsäure*, *Usninsäure* und noch zwei andere Körper, die noch nicht chemisch aufgeklärt werden konnten. Das Gemisch wird von uns *Evosin* genannt. Es hemmt in einer Verdünnung von 1 : 2 Mill. Tuberkelbazillen in vitro, weiterhin Staphylokokken, Streptokokken und die gewöhnlichen pathogenen Mikroben. *Evernsäure* ist in einer Verdünnung von 1 : 1 Mill. gegen Tuberkelbazillen, Staphylokokken, Streptokokken und die weiteren Bakterien wirksam. Ähnlich wirksam ist auch die Usninsäure. Die weiteren isolierten Substanzen sind etwas weniger wirksam. Mit dem Gemisch *Evosin* konnten hervorragende Ergebnisse bei der menschlichen Tuberkulose erzielt werden, aber auch bei infektiösen , durch Staphylo- und Streptokokken verursachten Hauterkrankungen.

Chemisch gesehen, scheint hier eine neue Körperklasse im Kampf gegen die infektiösen Erkrankungen aufgefunden worden zu sein, die nach den bisherigen Versuchen sich ebenbürtig neben die Sulfonamide wird stellen können, zumindest bei der lokalen Anwendung, wo die Vorteile der Anwendung noch größer und besser sind als die der Sulfonamide und die des Penicillins. Die Heilungszeit durch die Behandlung mit dem Antibioticum *Evosin* ist kurz, die Wunden säubern sich rasch und Nebenwirkungen konnten nicht beobachtet werden. *Evosin* verhindert die Schimmelbildung und ist auch bei pilzlichen Erkrankungen wirksam (in höherer Dosierung).

Udersleben (Kyffh.). Josef Klosa.

Eingegangen am 11. November 1948.

LABOR-AUSRÜSTUNGEN *für Wissenschaft, Technik und Medizin*

L. Harkort Berlin-Schöneberg, Hauptstraße 26
Telefon 714364 · Listen stehen zur Verfügung

Janke & Kunkel K. G., Staufen i. Br.
Fabrik chem.-physikalischer Apparate

Kalorimeter n. Berthelot-Mahler
Elektro-Analyse, App. für
Elementar-Analyse, App. für
Rührstative, Rührmotoren,
Elektro-Antrieb für Labor
Elektr. Heizplatten
Franke-Hochleistungs-Brenner
Heißextraktion, App. für

Debyeflex Röntgenapparat
für Feinstruktur-Untersuchungen
Aufnahmegeräte
der verschiedensten Art
Rich. Seifert & Co.
Röntgenwerk · Hamburg 13

Dr. Johannes Heidenhain (13b) St. Georgen bei Traunstein/Obb.
Telefon: Traunwalchen 96 oder 97
Spezialfabrik für Präzisionsteilungen
(Längen- u. Kreisteilungen) Mikroteilungen Metall- u. Glasteilungen fotochemisch und geätzt, Strichbilder und Testfiguren aller Art

Suche folgende Werke:
1. Prof. Dr. Fritz Ullmann „Enzyklopädie der techn. Chemie"
2. Berl Lunge „Chem. techn. Untersuchungsmethoden"
3. Bömer-Juckenack-Tillmanns „Handbuch der Lebensmittelchemie"
4. Klein „Handbuch der Pflanzenanalyse".

KONSERVENFABRIKEN DR. WILLI KNOLL
Krumbach/Schwaben

PLATIN-BERNSTEIN-WIDERSTÄNDE
(Krügerwiderstände)
10^6 Ohm — 10^{13} Ohm
Physikalisches Laboratorium **Dr. F. Klauer**
(21a) BLOMBERG in LIPPE

Fabrikneuer Polarisationsapparat nach Mitscherlich
zu verkaufen
Angebote unter N. W. 73 an diese Zeitschrift

Auch eine kleine Anzeige
findet in den „Naturwissenschaften" volle Beachtung!

OXYDKERAMIK

der Einstoffsysteme
vom Standpunkt der Physikalischen Chemie

Von Dr. Eugen Ryschkewitsch

Mit 132 Abbildungen · VI · 280 Seiten · 1948 · **DM 36.-**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Veröffentlicht unter Zulassungs-Nr. 48 der Britischen Militärregierung. - Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Arnold Eucken, Göttingen, Bürgerstraße 50. - Für den Anzeigenteil verantwortlich: Hans-Georg Halfter, Stahnsdorf b. Berlin, Meisenweg 33. - Druck: A. Bagel, Düsseldorf. - Springer-Verlag, Berlin und Göttingen. - Printed in Germany.